



Beskrivelse af udstyr til måling af fugttransport

Bertelsen, Niels Haldor; Hansen, Torben C

Publication date:
1982

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Bertelsen, N. H., & Hansen, T. C. (1982). *Beskrivelse af udstyr til måling af fugttransport*. Technical University of Denmark. Byg Rapport No. TR-107

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

TEKNISK RAPPORT 107/82.

2. UDG. NOVEMBER 1982.

BESKRIVELSE AF UDSTYR
TIL MALING AF
FUGTTRANSPORT

AF

NIELS HALDOR BERTELSEN



TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BUILDING MATERIALS LABORATORY

RESUME

Rapporten beskriver et udstyr til måling af diffusionskoefficient for vanddamp i bygningsmaterialer. I rapporten beskrives udstyret, dets kalibrering og vedligeholdelse. Målemetoden baserer sig på én dimensionel stationær fugttransport ved anvendelse af den såkaldte "Kop-metode". Prøverne forsegles med en særlig pakning, der ikke ødelægger prøverne. I koppen anvendes sorptionsmidlet $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. I det opførte målekammer er der plads til 24 målekopper. I målekammeret styres klimaparametrene, temperatur og fugt, med en nøjagtighed på $\pm 0,1^\circ\text{C}$ og $\pm 0,2\%\text{RH}$ ved 20°C . Fugtigheden og vindhastigheden kan varieres fra 35-100%RH og 1,5-15m/s. Udstyret vil blive gennemprøvet ved forsøg på rødgran. Resultaterne fra disse forsøg vil blive rapporteret i en senere publikation.

INDHOLDSFORTEGNELSE:

	side
Resume.....	1
Indholdsfortegnelse.....	2
Indledning.....	3
0. BAGGRUND OG PRINCIP.....	5
1. KLIMARUM.....	7
2. VENTILATIONSKANAL.....	8
3. MÅLEKAMMER.....	11
4. STYRING.....	15
4.1. Vindhastighedsregulering.....	15
4.2. Køleenheden.....	17
4.3. Rumkøling.....	20
4.4. Rumopvarmning.....	21
4.5. Fugtstyring.....	24
4.6. Overophedningssikring.....	28
4.7. Tidskonstanter for styringerne.....	29
5. MÅLING OG REGISTRERING.....	31
5.1. Temperaturmåling.....	32
5.2. Fugtighedsmåling.....	36
5.3. Vindhastighedsmåling.....	38
5.4. Registrering.....	45
5.5. Vejning.....	54
6. MÅLEKOPPER.....	58
7. INDSTILLING.....	62

INDLEDNING

Denne rapport er et led i erhvervelsen af den tekniske licentiatgrad, idet den er en del af rapporteringen i forbindelse med hovedemnet, der behandler fugttransport i træ, især rødgran. Arbejdet med hovedemnet omfatter projektering af et måleudstyr til nøjagtig bestemmelse af diffusionskoefficienter, en udførelse af det projekterede udstyr, en udførelse af kalibreringsforsøg på udstyret, samt en udførelse af indledende og afsluttende forsøg på rødgran.

Statens tekniske videnskabelige Forskningsråd har bevilget kr. 270.000,- til opbygning af udstyret, og rapporten er derfor også en slutrapport i forbindelse med disse bevilgede midler (STVF, journal nr. 16-0339.B-802).

Under det indledende litteraturstudium blev jeg hurtig klar over, at de normalt anvendte målemetoder ikke tog særligt hensyn til bl.a. materialernes fugtafhængighed, grænselagsproblemer og fugthistorie. Desuden var forsøgsbetingelserne i mange tilfælde meget usikre, f.eks. kan nævnes, at ved en type forsøg kræves at damptrykket holdes konstant under forsøget, men det viste sig, at det variere med 10% samtidig med at bestemmelsen af fugtniveauet var behæftet med en fejl på $\pm 3\%$ RH. Det bevirkede, at da man udførte nogle sammenlignende forsøg varierede diffusionskoefficienten med fra 30-50%.

Jeg satte mig derfor det mål, at opbygge et måleudstyr der meget nøjagtig kunne bestemme diffusionskoefficienter. Det er derfor nødvendigt at kunne holde temperatur og fugtighed konstant og det med en nøjagtighed på $0,1^{\circ}\text{C}$ henholdsvis $0,2\%$ RH ved 23°C . Samtidig skulle temperatur, fugt og vindhastighed kunne varieres indenfor området $10-30^{\circ}\text{C}$, 30-100% RH og 0-15 m/s. Udover dette var det nødvendigt at finde et stabilt adsorptionsmiddel og en metode til at forsegle prøverne så de ikke blev ødelagte.

Rapporten beskriver udstyret, dets brug, kalibrering og vedligeholdelse, og den er skrevet som en brugsvejledning. Den kan derfor ikke stå alene, men vil blive efterfulgt af en anden rapport vedrørende forsøgene på rødgran og en tredje over et litteraturstudium over principperne for bestemmelse af fugttransportkoefficienter for træ.

Til slut vil jeg takke laboratoriets medarbejdere for hjælp under arbejdet, særligt professor Torben C. Hansen for kritisk gennemlæsning. Ligeledes vil jeg takke firmaet Heto Birkerød og Jaroslav Sedlacek på Elektronikcentralen for deres hjælp ved udformningen af fugtstyringen.

Lyngby, maj 1982

Niels Haldor Bertelsen

0. BAGGRUND OG PRINCIP.

Udstyret er opbygget med den primære hensigt, at kunne bestemme de fugtafhængige diffusionskoefficienter ved hjælp af en serie stationære fugttransportmålinger. Den matematiske baggrund er Ficks lov for stationær transport i én dimension,

$$g = - v(c) \frac{\partial c}{\partial z}$$

hvor, g er fugttransport
 v er diffusionskoefficient
 c er fugtmængde i luft
 z er transportretning

Forsøgsopstillingen ses på figur 1, og den består bl.a. af en prøve med veldefineret tykkelse og et fast eksponeringsareal. Prøven virker sammen med pakningerne som låg på målekoppen, og den er udformet, således at fugttransporten vil være én dimensionel. I målekoppen findes et sorptionmiddel ($\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), der kan holde fugtigheden tilnærmelsesvis nul inde i målekoppen. Place-res målekoppen med prøve i et fugtigt klima, vil fugttransporten ind i målekoppen efter nogen tid blive konstant, og den vil kunne bestemmes ved vejning på forskellige tidspunkter. Udføres der en serie forsøg, hvor fugten, der eksponerer prøvens udvendige side, trinvis ændres og fugtigheden i målekoppen holdes konstant, vil funktionen $f(c_u, g \cdot d)$ kunne bestemmes.

Ved en omskrivning af Ficks lov fås,

$$g \cdot d = \int_{c_i}^{c_u} v(c) dc \Rightarrow \frac{d(g \cdot d)}{dc_u} = v(c) \quad \text{hvor,}$$

d er prøvetykkelse,

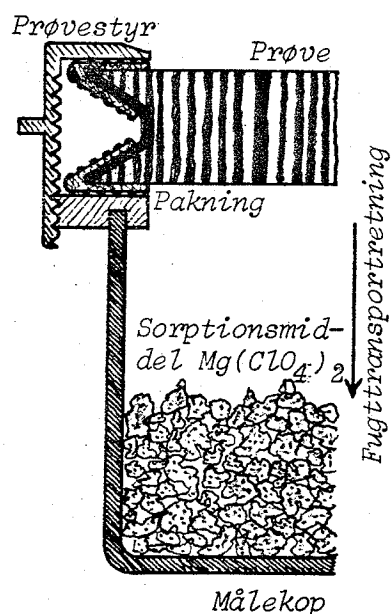
deraf ses det, at $v(c)$ kan findes ved differentiation af $f(c_u, g \cdot d)$ med hensyn til c_u . Ved en gentagelse af forsøget, med andre prøvetykkelser og ved ændring af vindhastigheden over prøven samt afstanden mellem prøve og sorptionsmiddel, vil det være muligt at teste grænsebetingelserne.

Til at holde eksponeringsklimaet konstant med den nødvendige nøjagtighed, er der opbygget et klimastyringsudstyr som skitseret på figur 2. Udstyret består af et klimarum på ca. 30 m³, hvori en lukket ventilationskanal med målekammer er placeret. Dertil hører der en styring for temperatur, fugtighed og vindhastighed samt udstyr til måling og registrering af temperatur, fugt, vindhastighed og vægt.

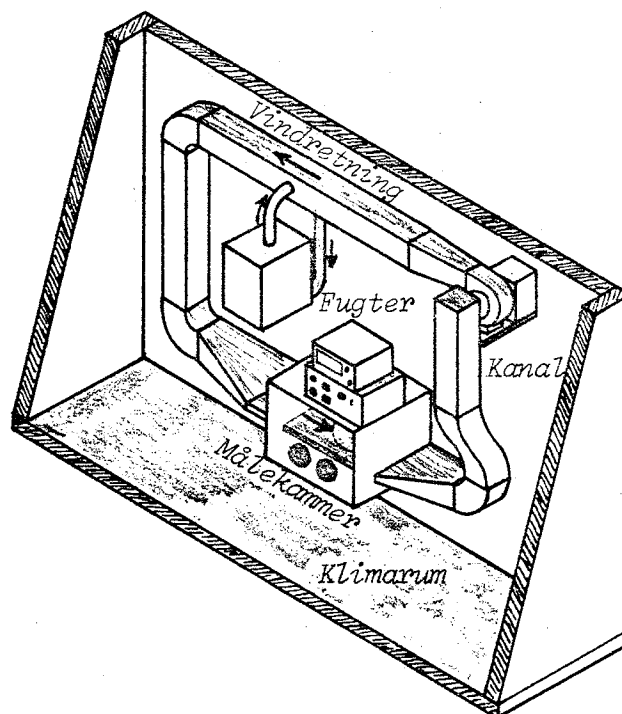
Klimarummet er et isoleret rum, hvori hele klimaopstillingen befinder sig. Rummets temperatur styres ved hjælp af en rumkøling og elradiatorer. I klimarummet er der frit ophængt en lukket og ringformig ventilationskanal, hvori den fugtige luft kan cirkuleres med den ønskede hastighed. Kanalen er af rustfrit stål og ikke isoleret, således at kanaltemperaturen vil være i ligevægt med rumtemperaturen. På kanalens nederste del er den flad med en bredde på 600 mm. I dette område er målekammeret placeret, hvori 24 målekopper kan monteres. Kopperne monteres, således at prøvens udvendige overflade er plan med kanalens vægge, idet halvdelen er placeret i kanalens bund med prøven øverst og halvdelen er placeret i kanalens top med prøven nederst. Fugtigheden i kanalen styres ved en våd køleflade, hvor temperaturen holdes konstant. Fugteren er placeret udenfor ventilationskanalen med forbindelser til denne, således at en konstant luftmængde fra kanalen bliver blæst gennem fugteren og tilbage i kanalen.

I rapporten beskrives udstyrets enkelte dele uafhængigt af hinanden i følgende rækkefølge:

Klimarum - Ventilationskanal - Målekammer - Styring -
Måling og registrering - Målekopper.



Figur 1. Snit gennem målekop med monteret prøve i mål 1:1. 24 målekopper kan eksponeres i klimaustyret af gangen. Halvdelen med prøven nederst og halvdelen med den øverst.



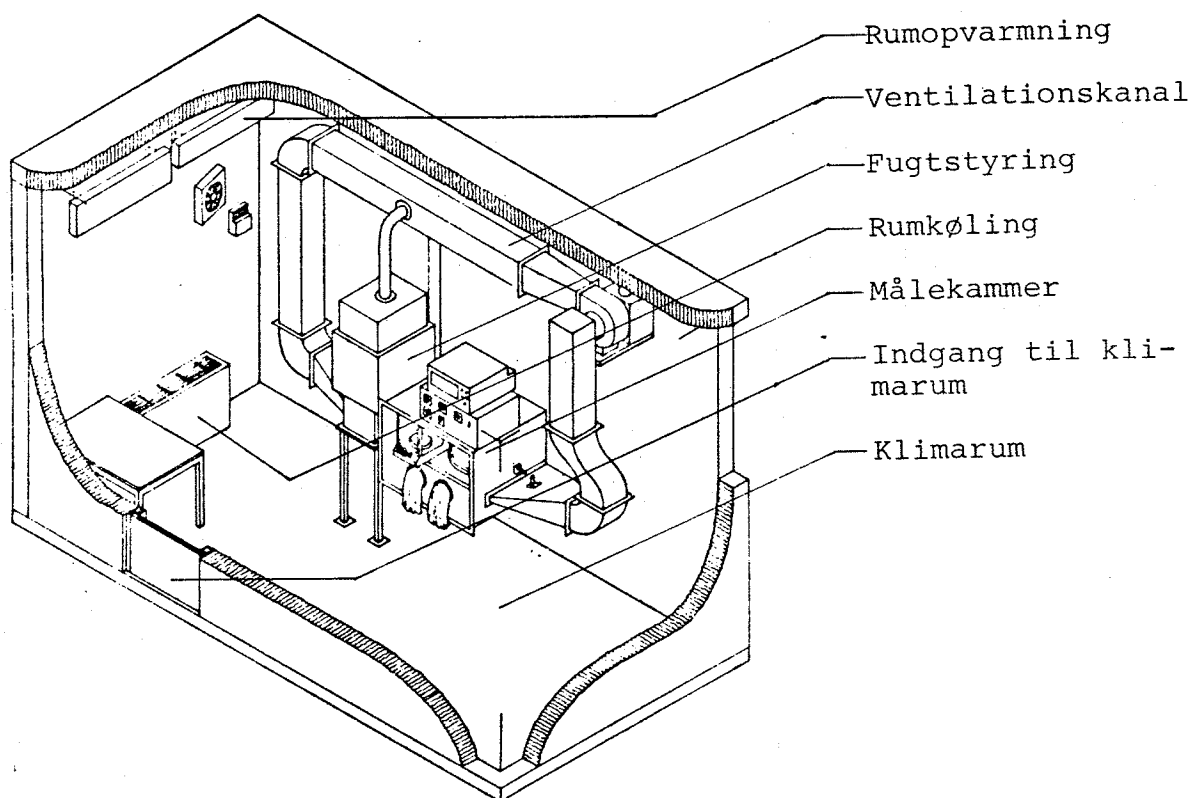
Figur 2. Skitse af eksponeringsudstyr, hvor fugt, temperatur og vindhastighed kan holdes konstant over lang tid.

1. KLIMARUM.

Klimarummet er en varmeisoleret kasse, der indvendig måler 2,7 x 4,8 x 2,3 m (højde x længde x bredde), og som er placeret frit i en uopvarmet betonkælder, og som har egen friskluftforsyning.

Rumopbygning.

Gulvet består af 50 mm PIR-skum dækket af 16 mm spånplader som er udlagt på betongulvet. Gulvet måler 5100 x 2500 mm. Der er udført en gennemlokning på den ene langside, så vejearrangementet står direkte på betongulvet.



Figur 1.1. Skitse af klimarum.

Væggene består af 12 ens elementer på 1200 x 2700 mm (bredde x højde). Elementerne består inderst af en 16 mm spånplade, som er sømmet på et lodretstående træskelet af 40 x 90 mm høvlet gran pr. 600 mm. Uden på træskelettet er limet en 50 mm PIR-skumplade

med én komponent PUR-lim. Elementerne er samlet indbyrdes og med gulv og loft med skruer. I et af elementerne på langsiden er der placeret er 1000 mm bred dør.

Loftet er udført af 4 ens elementer på 1200 x 2000 mm. Loftelementerne er opbygget på samme måde som vægelementerne.

Friskluftforsyning.

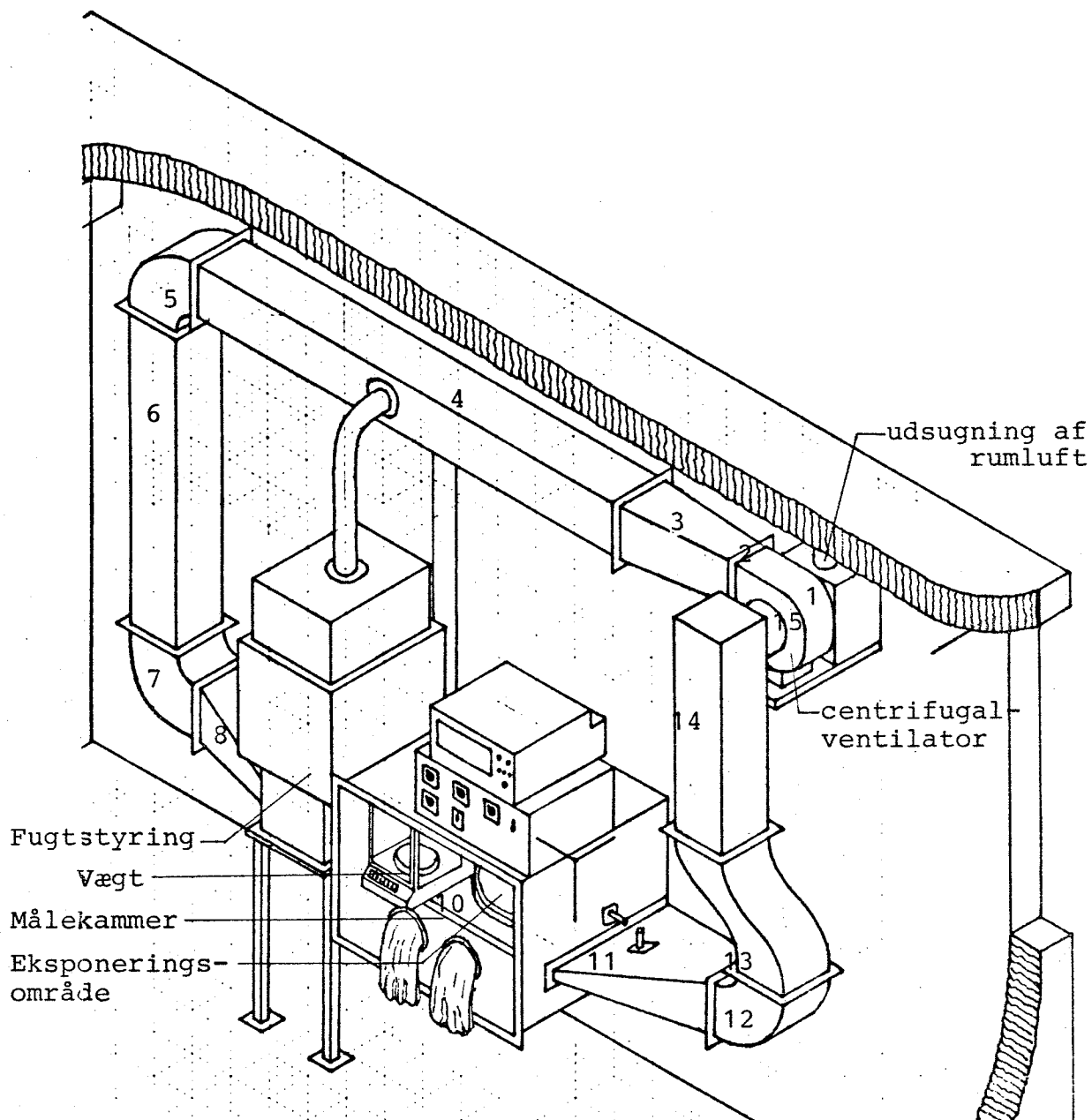
Friskluftindsugningen er placeret nederst i klimarummets venstre endevæg bag rumkølingen. Udsugningen sker i klimarummets højre endevæg hvor sugestudsene er placeret ovenover motorkassen til ventilationskanalens centrifugalventilator. Udsugningen til det fri sker med en centrifugalventilator RGE 140/28, der under normal drift suger 160 m^3 luft pr. time. Luften i klimarummet omrøres med en 45 w ventilator ($600 \text{ m}^3/\text{h}$), som er placeret under loftet foran elradiatorerne.

2. VENTILATIONSKANAL.

Ventilationskanalen til jævn fordeling af luftstrømmen hen over målekopperne består af et 10 meter langt, ringformigt og lukket kanalsystem. Kanalen er udført af 1,25 mm syrefast rustfri stålplade og udført i helsvejste sektioner med endeflanger til samling.

Kanalsystemet består af følgende sektioner fra centrifugalventilatoren og venstre om med luftstrømmen (numrene refererer til figur 2.1 og 2.2):

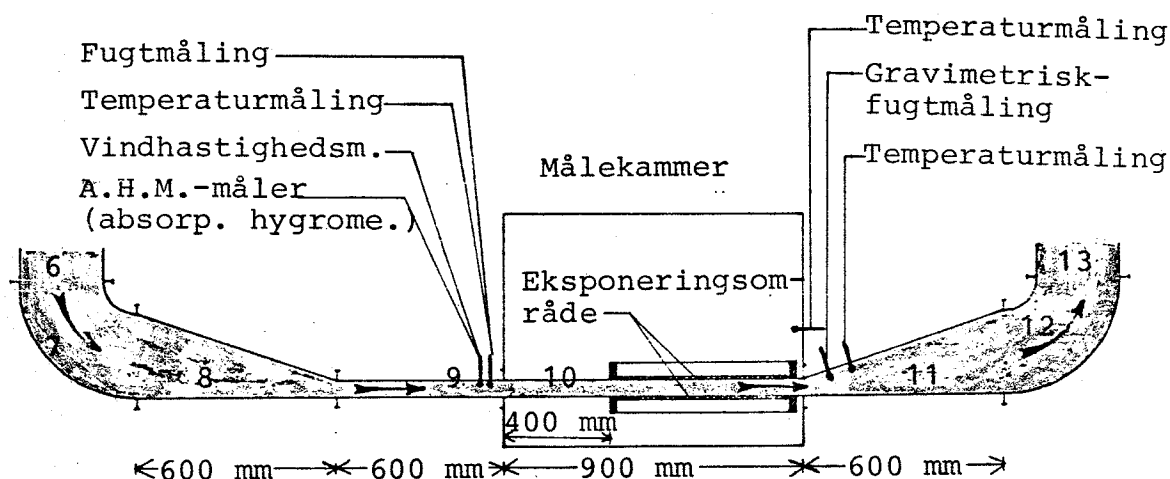
1. Centrifugalventilator CEA 200 med motor på 390W - 1 x 220V.
2. Elastisk overgangsstykke af foliebelagt nylon væv med en indvendig lysning på 200 x 150 mm.
3. Fast overgangsstykke 600 mm lang og med en lysning fra 200 x 150 mm til 250 x 250 mm.
4. Lige kanalstykke på 2150 mm længde med to 75 mm ø studse til fugtstyringssystemet og lysning 250 x 250 mm.
5. 90 graders bøjning med lysning 250 x 250 mm.



Figur 2.1. Skitse af ventilationssystem.

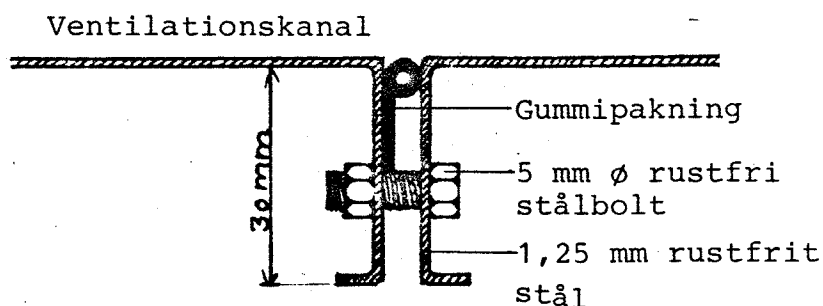
6. Et lige kanalstykke 1450 mm langt og lysning 250 x 250 mm.
7. 90 graders bøjning med ledeskovl og lysning 250 x 250 mm.
8. Fast overgangsstykke 600 mm langt og lysning fra 250 x 250 mm til 50 x 600 mm.
9. Lige stykke flad kanal 600 mm langt og lysning 50 x 600 mm.
10. Målekammer med eksponeringsområde, 900 mm langt og lysning 50 x 600 mm. Eksponeringsområdet er placeret sidst med 400 mm fri kanal før.

11. Fast overgangsstykke 600 mm langt og lysning fra 50 x 600 mm til 250 x 250 mm.
12. 90 graders bøjning med ledeskovl og lysning på 250 x 250 mm.
13. Dobbelt bøjningsstykke 800 mm lang og med lysning på 250 x 250 mm.
14. Endestykke 950 mm lang og med lysning på 250 x 250 mm. Stykket er forsynet med en sidestuds på 200 mm \varnothing til centrifugalventilatoren.
15. Elastisk overgangsstykke som 2.



Figur 2.2. Snit i kanalens nederste vandrette del omkring eksponeringsområdet. Numrerne referer til forklaringen ovenover.

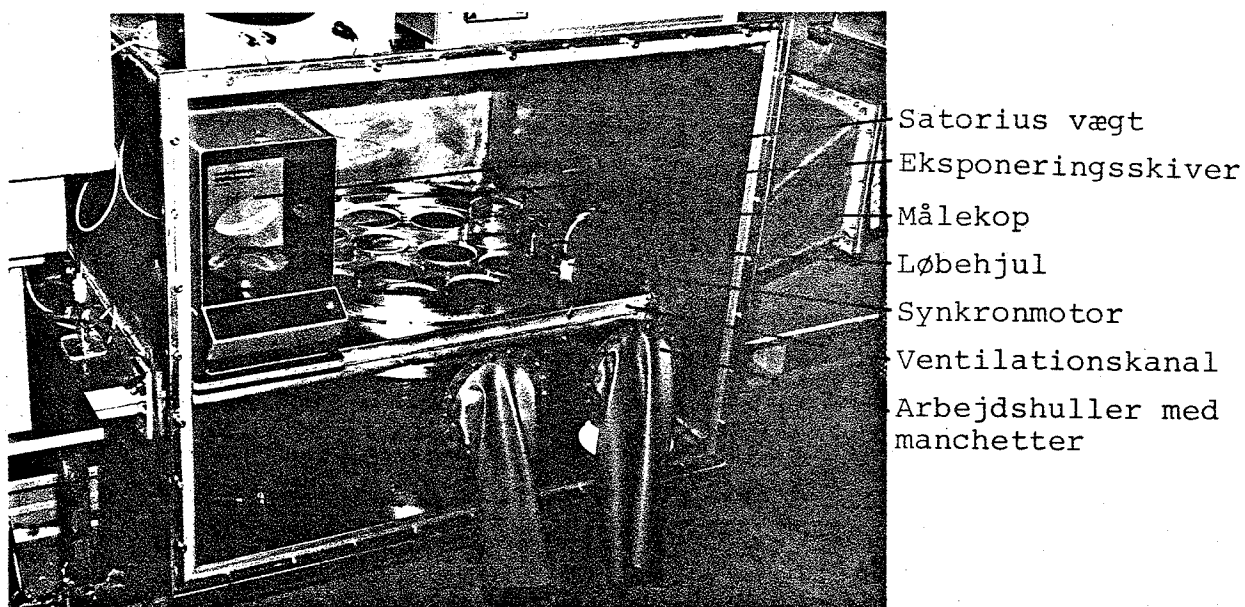
Hver kanalsektion er afsluttet med en 30 mm flange som angivet på figur 2.3. Samlingerne er fastlåst af 5 mm \varnothing rustfri stålbolte pr. max 100 mm. Som det fremgår af figur 2.3, er der indenfor boltene limet en gummipakning på den ene af flangerne. Alle hjørnesamlinger på gummipakningen er ligeledes limede.



Figur 2.3. Snit i samling mellem to kanalsektioner.

3. MÅLEKAMMER.

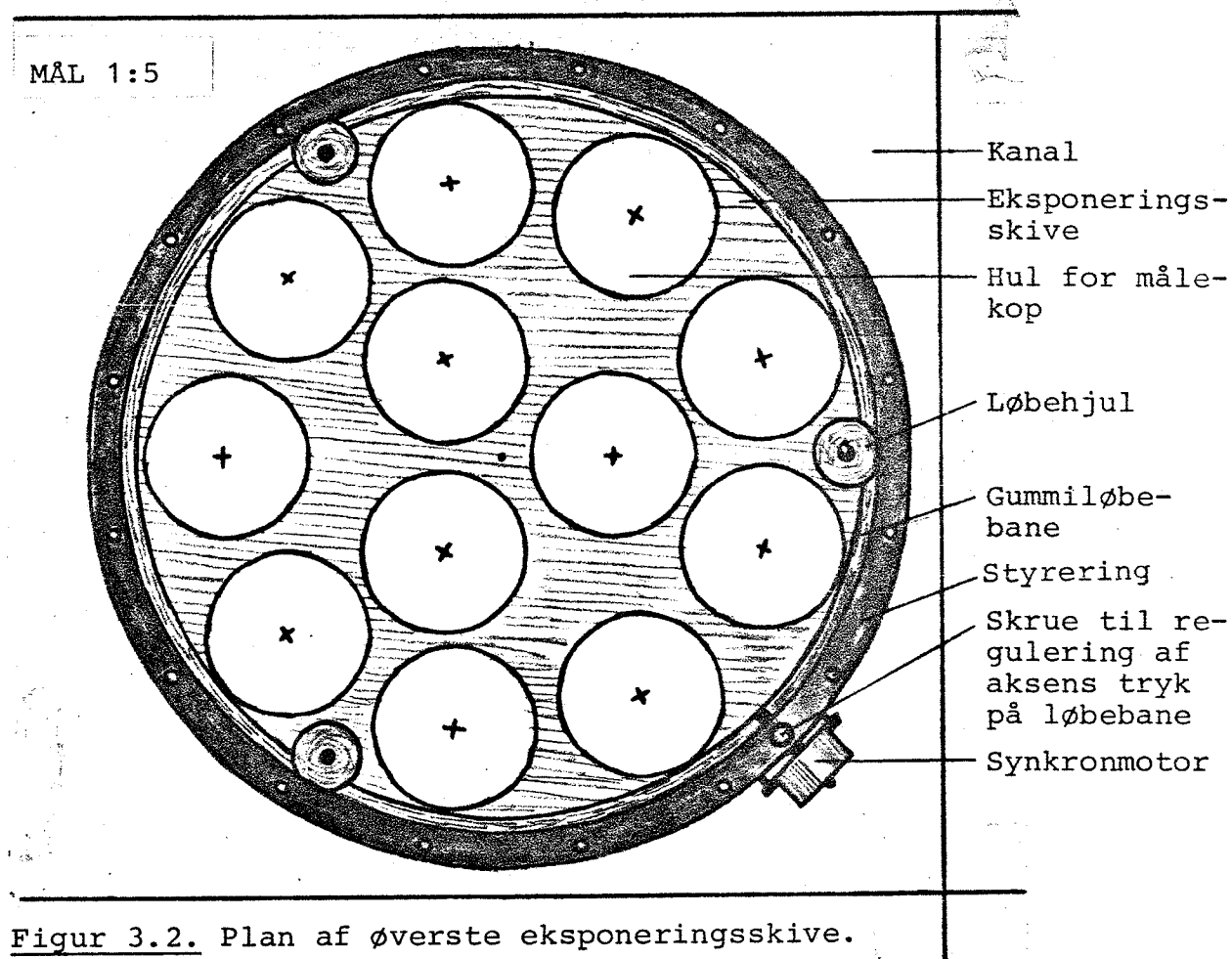
Målekammeret består af en kasse på 700 x 900 x 800 mm (højde x bredde x dybde) udført i helsvejst syrefast 1,25 mm rustfrit stål. Undtaget er dog forsiden, der er af 10 mm acrylplade. I pladen er der to arbejdshuller med manchetter af siliconegummi. Ventilationskanalens flade del løber vandret igennem målekammeret 150 mm fra bunden. Luften i målekammeret er i ligevægt med kanalluften.



Figur 3.1. Billed af målekammer set forfra.

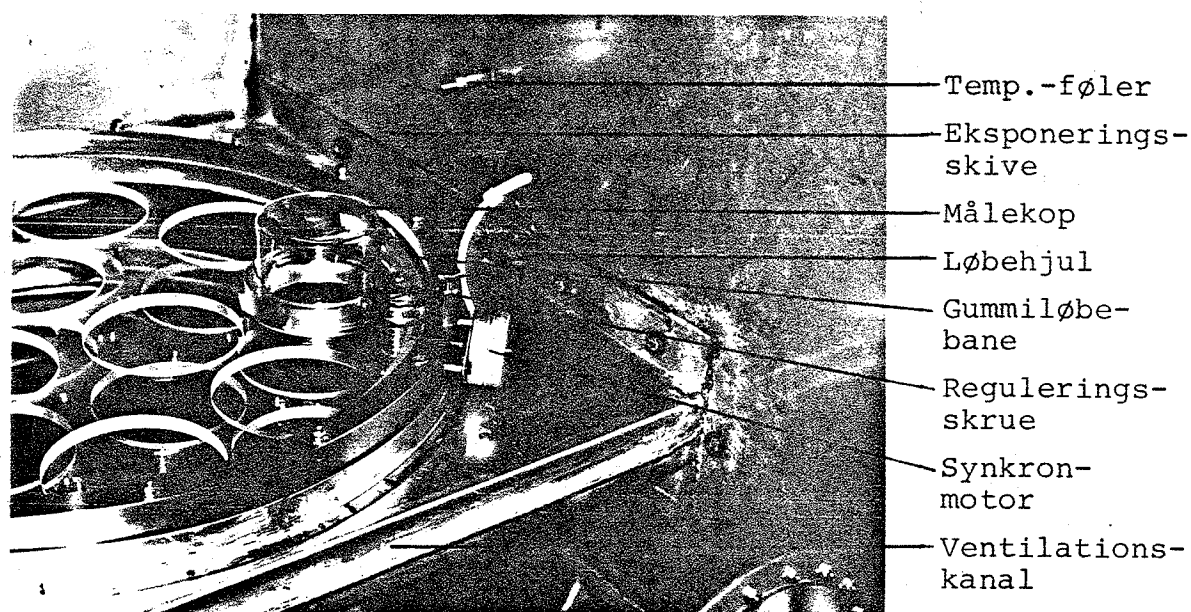
Som det fremgår af figur 3.1 er arbejdshullerne i acrylfrontruden placeret ud for kanalen. De har en åbning på 150 mm \varnothing og kan lukkes indefra med et låg med bajonetfatning. Foruden er de forsynede med 400 mm lange manchetter. Manchetten virker ved åbning og lukning som en luftsluse.

I målekammerets venstre side ses en Sartorius mg's vægt. Vægten står på et vejebord, der ikke er i direkte kontakt med ventilationskanalen, men er ført gennem målekammerets bagvæg. Gennemføringer er forseglede med en tæt gummipakning. Vejebordets ben står direkte på betongulvet under klimakammerets isolerede gulv.



I målekammerets højre side er der placeret 2 eksponeringsskiver, den ene i kanalens overside, den anden i kanalens underside. Eksponeringsskivernes indvendige overflade og målekop-

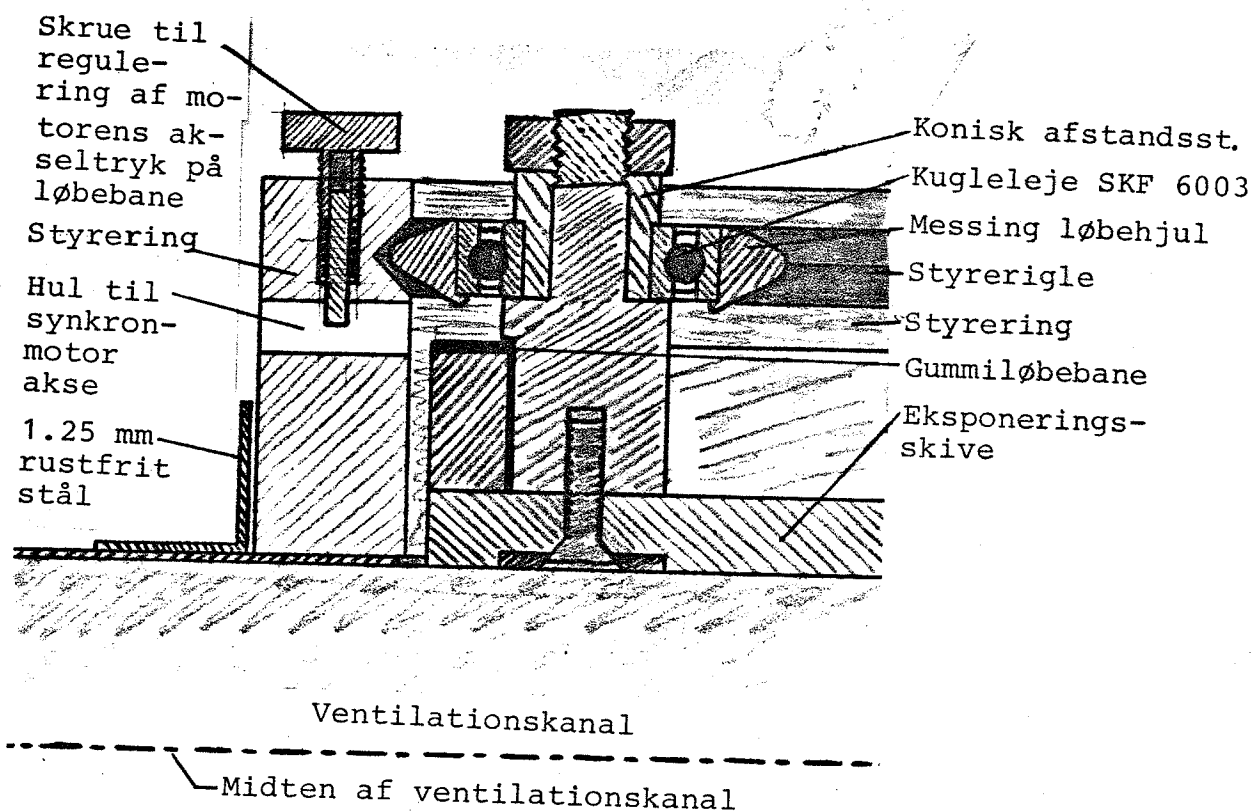
pernes eksponeringsoverflade er indvendig plane med ventilationskanalens indvendige overflade. I hver af skiverne er der plads til 12 målekopper. På overskiven ligger kopperne blot i hullerne, medens de i underskiven er ophængte i et bajonetfatningslignende ophæng. Begge skiver kan dreje rundt ved hjælp af to synkronmotorer, der trækker på en gummiløbebane på acrylpladens yderside. Motoren ses i midten af figur 3.3. En afbryder til motorerne er placeret på gulvet under målekammeret til betjening med foden.



Figur 3.3. Billed af synkronmotor med trykleje og gummiløbebane. I midten ses en af drejeskivens tre løbehjul.

Aksen fra synkronmotoren er ført gennem et hul i styreringen ind på gummiløbebanen på acrylpladen. På styreringen over synkronmotorens akse sidder en skrue til regulering af aksens tryk på løbebanen. Reguleringen skal jævnligt efterses for slid og manglende fedt. Synkronmotorerne giver de to skiver en konstant hastighed på 2 omdrejninger pr. minut.

MÅL 1:1



Figur 3.4. Snit gennem eksponeringsskive og styrering ved tryklejet for synkronmotorens akse og en af de tre løbehjul på drejeskiven.

På drejeskiven er der tre letløbende messing løbehjul med kugleleje SKF 6003. Løbehjulene er justerbare med konisk afstandsstykke, der muliggør en udtagning af begge eksponeringsskiver. De tre hjul er klemte ud mod en 5 mm dyb styrerigle i styreringen.

Styreringen er drejet af rustfrit stål, og den har en indvendig diameter på 518 mm. Den ligger på en rund hylde på kanalens kant og er fastgjort til denne med 16 forsænkede messingskruer.

4. STYRING.

Styringen består af følgende delelementer:

- Vindhastighedsregulering i ventilationskanal ved trinløs regulator.
- Køleenhed til levering af kølevæske til rumkøling og fugtstyring, enheden er leveret af Elektronikcentralen.
- Rumkøling af mærket SINCO SF 200SX.
- Rumopvarmning med styring. Styringen er en model Versapak II 7403-1 fra Honeywell.
- Fugtstyring er udført af Elektronikcentralen.
- Overophedningssikring af mærket Danfoss RT 101 til sikring af fugtstyringen.

4.1. Vindhastighedsregulering.

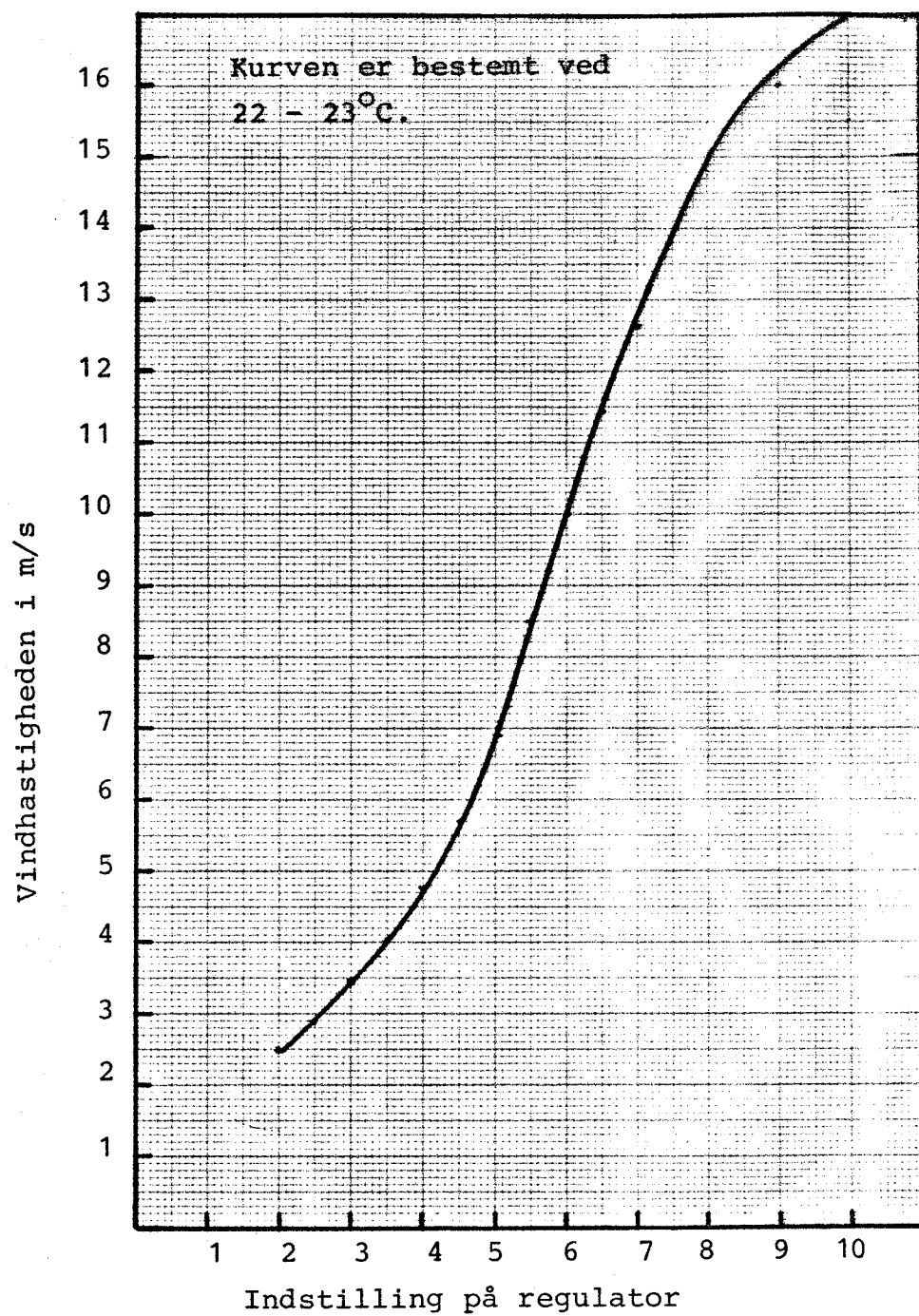
Beskrivelse.

Udstyret består af en centrifugalventilator fra firmaet Exhauster med produktionsnummeret CEA 200 og med motor på 390 W - 1 x 220 V. Ved 16 mm VS yder ventilatoren en luftstrøm på 1600 m³/h eller 14,8 m/s. Motoren er tilsluttet lysnettet gennem en kontakt til højre for motoren.

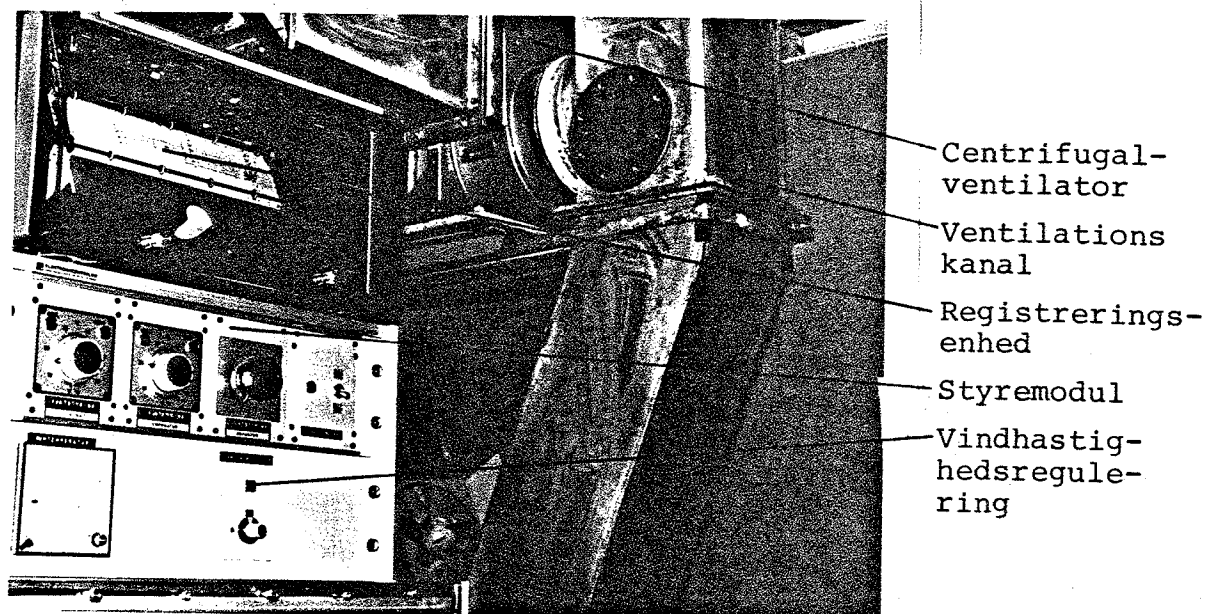
Centrifugalventilatorens hastighed styres af en trinløs regulator, der er placeret på styrepanelet.

Kalibrering.

Der er udført en serie forsøg for at bestemme sammenhængen mellem indstillingen på den trinløse regulator og vindhastigheden. Det fundne sammenhæng er vist på figur 4.1.



Figur 4.1. Sammenhæng mellem indstillingen på regulator og vindhastigheden.



Figur 4.2. Billed af vindhastighedsregulering med centrifugalventilatoren i baggrunden.

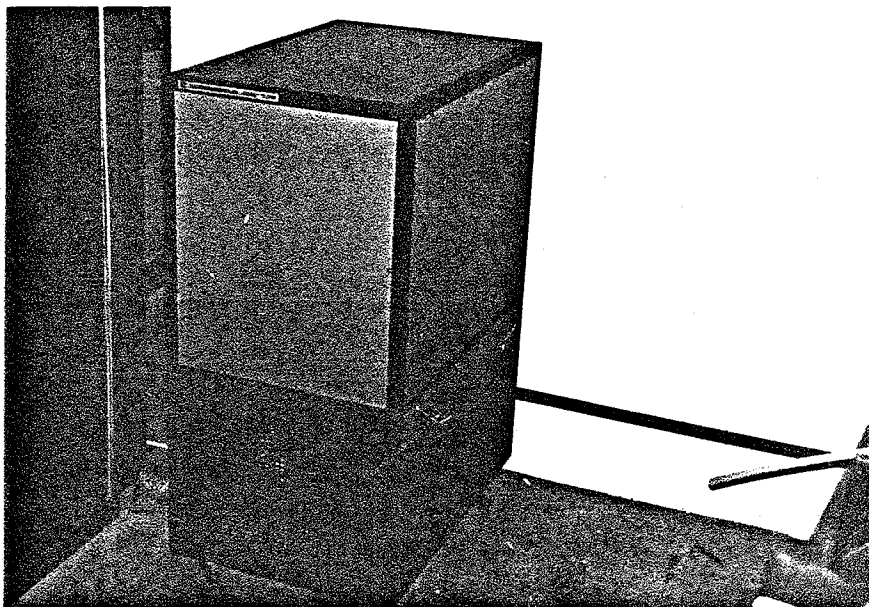
4.2. Køleenhed.

Beskrivelse.

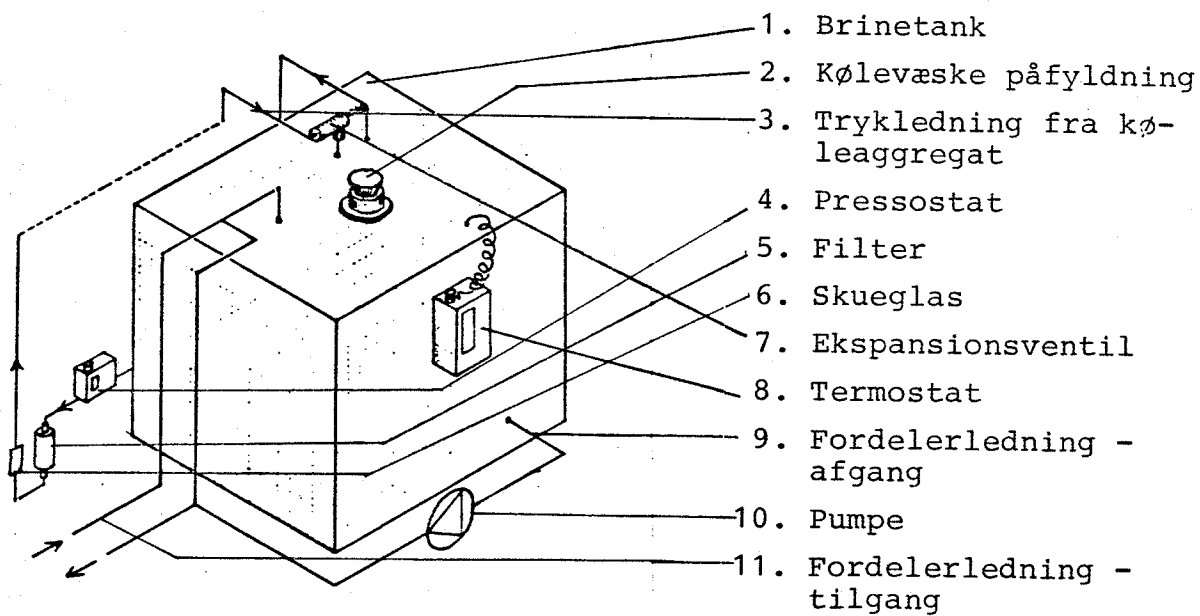
Køleenheden består af et køleaggregat, en brinetank, forskellige termostater, ventiler og pumper til styring samt fordelerslanger for kølevæsken til kølefladerne i rumkølingen og fugtstyringen. Køleaggregat, brinetank og tilhørende styring er samlet i en 1200 x 900 x 600 mm (højde x længde x bredde) kasse på hjul, der står udenfor forsøgsrummet.

Køleenheden består af følgende enkeltdelte (numrene referer til figur 4.4):

Køleaggregatet er fra firmaet Danfoss og har produktbetegnelsen SC 21 BXT 2 . Det har en kapacitet på 1585 watt ved 32°C rumtemperatur ved en fordampningstemperatur på 5°C. Køleaggregatet er placeret nederst i kassen.



Figur 4.3. Billed af køleenhed som forsyner rumkølingen og fugtstyringen med kølevæske.



Figur 4.4. Skitse af køleenhedens principielle opbygning.

Brinetanken (1) har et ydre mål på 350 x 350 x 400 mm³ og er isoleret med 50 mm isoleringsmateriale. Tanken kan rumme 25 liter kølevæske, der består af en blanding af demineraliseret vand og bilkølevæske i forholdet 2:1. I tanken er placeret en køleflade med tilslutning til køleaggregatet. Øverst på brinetanken (2) er en åbning til påfyldning af kølevæske. Væskestanden i brinetanken skal være mellem 100-140 mm fra påfyldningshullets øverste kant. På trykledningen (3) fra køleaggregatet til brinetanken er der anbragt en pressostat (4) fra Danfoss med produktbetegnelsen KP 15, et filter (5) fra Danfoss med produktbetegnelsen DC 083, et skueglas (6) fra Danfoss med produktbetegnelsen SGI 10, samt en expansionsventil (7) fra Danfoss med produktbetegnelsen TF2 - 0,5.

På brinetankens forside er placeret en termostat (8) fra firmaet Danfoss med produktbetegnelsen RT 14. Føleren går gennem brinetankens top ned i kølevæskan.

Fordelerledningen har afgang (9) fra brinetankens forside, hvor en pumpe (10) fra firmaet T. Smedegaard A/S med produktbetegnelsen Vario-75-5K er placeret. Tilgangsledningen indføres i brinetankens top (11). Fordelerledningerne føres bag om forsøgsrummet til fugtstyring og rumkøling. Køleenheden tilsluttes lysnettet gennem en kontakt, der er placeret ved gulvet inde i forsøgsrummet i hjørnet nærmest køleenheden. Kompressoren er tilsluttet et kraftstik, der er placeret på væggen ovenover køleenheden.

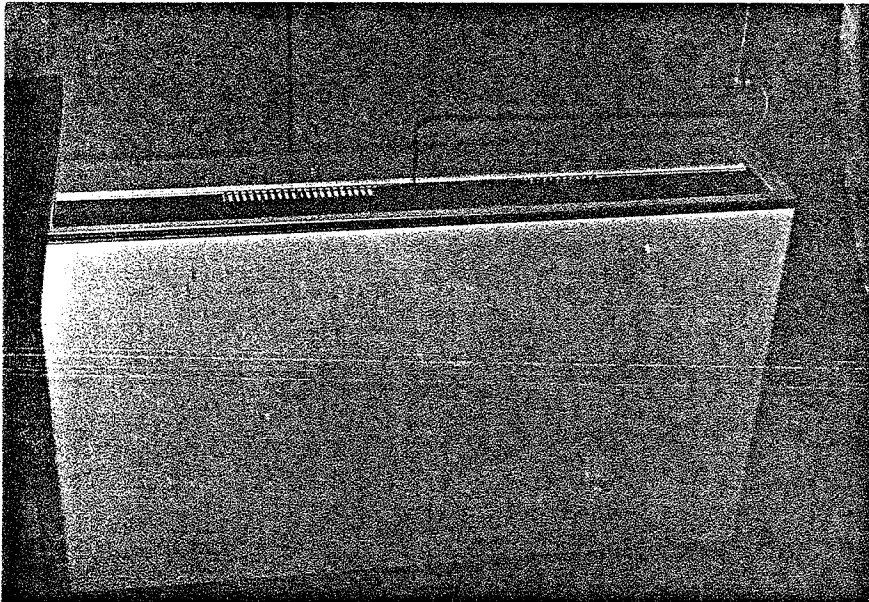
Vedligeholdelse.

Det efterses mindst hvert halve år at kølevæskan i brinetanken er tilstrækkelig (ca. 100 - 140 mm fra top), og der efterfyldes efter behov. Samtidig udluftes anlægget. Udluftningsventilen sidder bag fugtstyringen på afgangsledningen fra denne.

4.3. Rumkøling.

Beskrivelse.

Enheden til rumkølingen er placeret på forsøgsrummets endevæg under rumopvarmningen. Enheden er fra firmaet SINCO, og har produktbetegnelsen SF 200 SX.



Figur 4.5. Billed af rumkøleenhed.

Rumkølingsenheden får tilført kølevæske fra køleenheden gennem fordelingsslangerne, der er boret igennem væggen. Enheden tilsluttes lysnettet på vægkontakten til højre for den.

Under risten på enhedens top sidder i højre side en afbryder og en reguleringskontakt til ventilator. Normalt vil kontakten for max. ventilation (M) være trykket ind. I højre side under risten er styringen af kølefladens temperatur placeret. Delstregerne angiver fra venstre mod højre

følgende kølefladetemperaturer:

25°C, 24°C, 23°C, 22°C, 21°C, 20°C, 19°C, 18°C og 17°C.

Kølefladens temperatur stilles normalt på en værdi, der ligger fra $\frac{1}{2}$ - 2°C under den indstillede rumtemperatur. Den mindste difference bruges, når befugterkølingen er lavest.

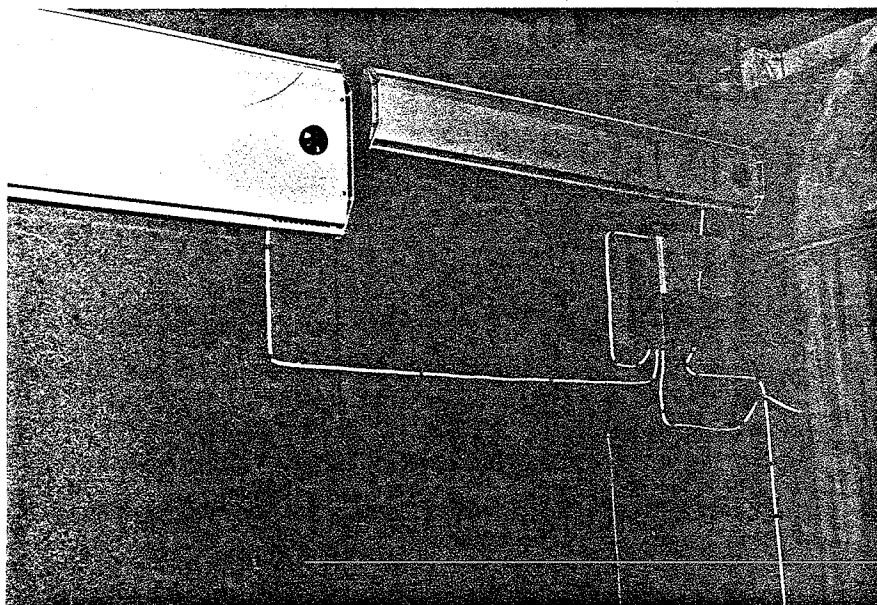
Vedligeholdelse.

Det tilses jævnligt om kondensbeholderen i rumkøleenhedens venstre side er fyldt. Det sker ved at forpladen fjernes ved indtrykning af de to fastholdningsknapper i siderne. Plastbeholderen kan nu fjernes, idet man dog skal passe på ikke at ødelægge rørene til temperaturstyringen.

4.4. Rumopvarmning.

Beskrivelse.

Rumopvarmningen består af to elradiatorer, en effektregulator, en temperaturføler og en kontrolenhed.

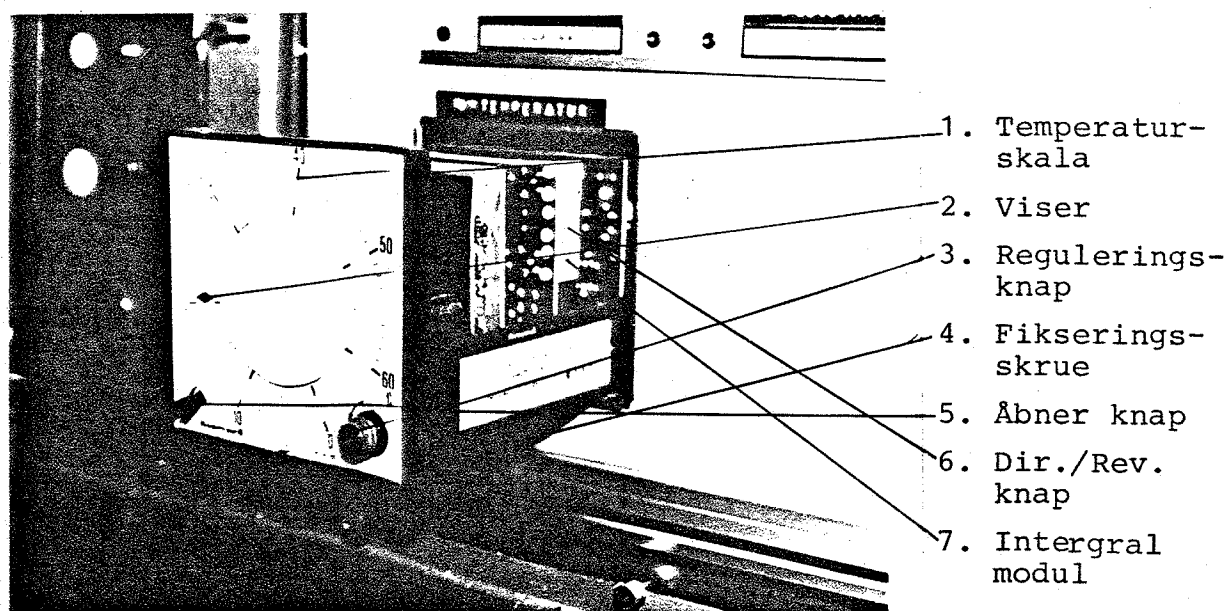


Figur 4.6. Billed af elradiatorer og effektregulator.

Elradiatorerne er fra firmaet Äviken Metall AB, Sverige, og de har produktbetegnelserne Type 107-600 W og Type 108-900 W. De kan maksimalt yde en effekt på 600 W henholdsvis 900 W. Som det fremgår af figur 4.6, er de placeret ca. 300 mm under loftet på forsøgsrummets venstre endevæg. Radiatorerne er fra fabrikken forsynet med termostater, der er udsat ud af drift ved tilslutningen til effektregulatoren.

Effektregulatoren er fra firmaet Honeywell, og den har produktbetegnelsen R 7393 A. Regulatoren ses på figur 4.6 lige under den højre radiator. Regulatoren tilsluttes lysnettet ved kontakten umiddelbart til højre for denne.

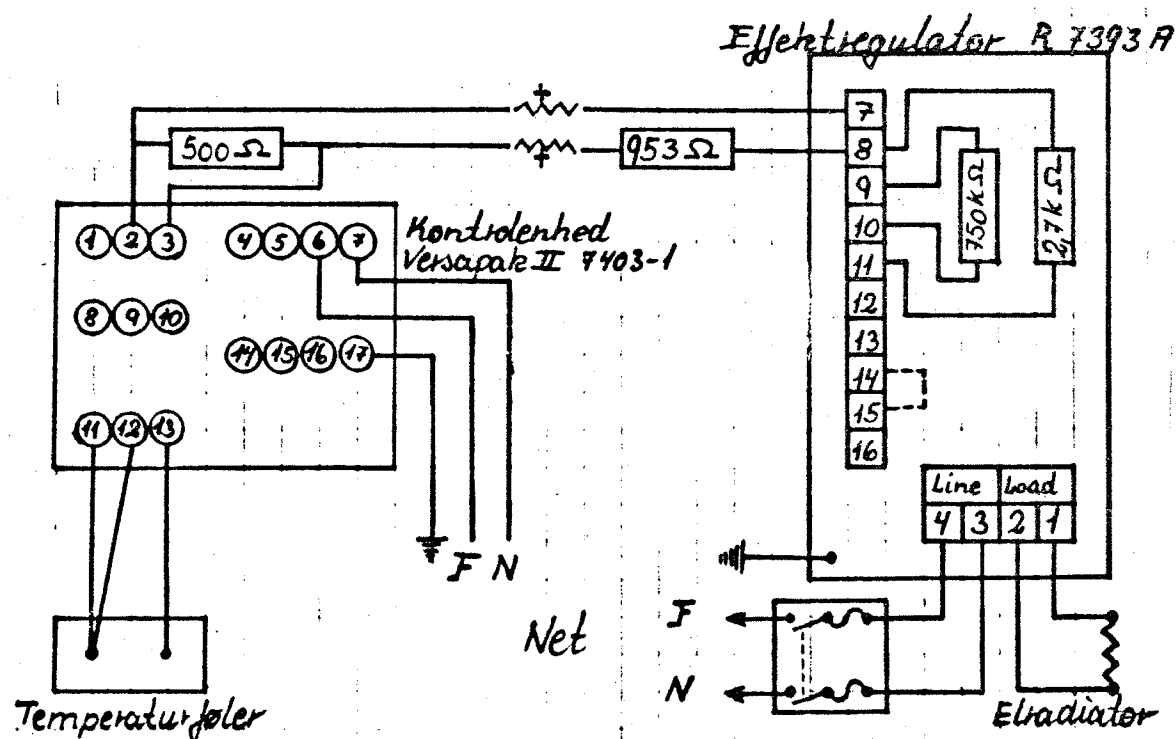
Temperaturføleren er fra firmaet Honeywell og den har produktbetegnelsen R 29601. Føleren er et Pt 100 element på ca. 5 x 5 x 2 mm. Føleren er monteret midt på loftet. Kontrolenheden er fra firmaet Honeywell, og den har produktbetegnelsen Versapak II model 7403 - 1, og den er med PI-styring.



Figur 4.7. Billed af Versapak II kontrolenhed.

Som det fremgår af figur 4.7 er kontrolenheden placeret i styremodulets nederste venstre side. Kontrolenhedens forskellige funktioner er som følger, idet der refereres til numrene på figur 4.7.

Temperaturskalaen (1) går fra 0 - 60°C med en mindste inddeling på 1°C. Viseren (2) flyttes ved hjælp af reguleringsknappen (3). Når kontrolenheden er tilsluttet lysnettet lyser reguleringsknappen gult. Reguleringsknappen kan fikseres ved hjælp af skruen (4). Når kontrolenheden skal åbnes skubbes knappen (5) nedad mod venstre og kontrolenheden kan nu trækkes ud af skuffen. Kontrolenheden tilsluttes lysnettet ved kontakten på væggen bag ved målekammeret. Kontakten er mærket "Rumtemperatur".



Figur 4.8. Diagram over forbindelsesledningerne mellem radiator, effektregulator, temperaturforløb, kontrolenhed og lysnettet.

Kalibrering.

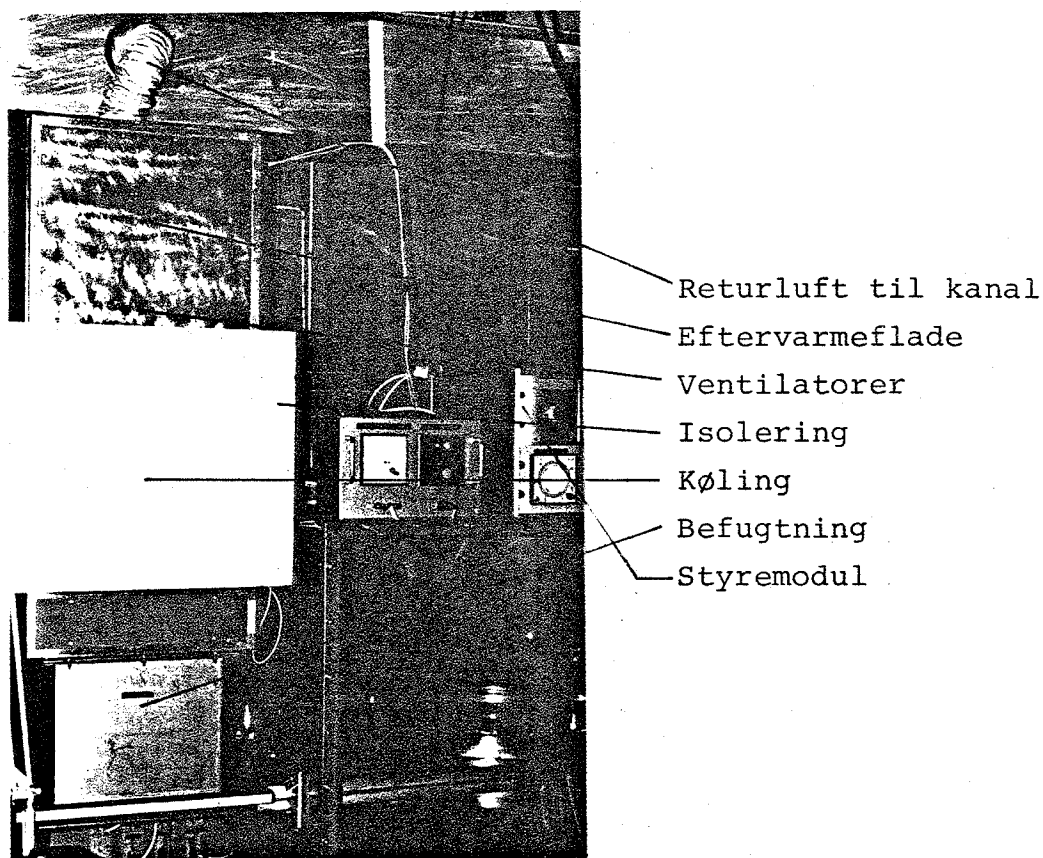
Trækkes kontrolenheden ud, kan styringen til rumopvarmningen kalibreres. Direct og reverse knappen (6) stilles på "REV". Proportionalbåndet (7) stilles på laveste værdi, dvs. at integral modulet (8) stilles på "x1" og mindste værdi på skalan, som er $RPM = 0,1$.

Udstyret kan ikke indreguleres på anden måde, da effektregulatorens pulsafstand er så lille, at den under normale forhold indirekte vil styre effektafgivelsen blot proportional- og integralmodulerne er i laveste stilling.

4.5. Fugtstyring.

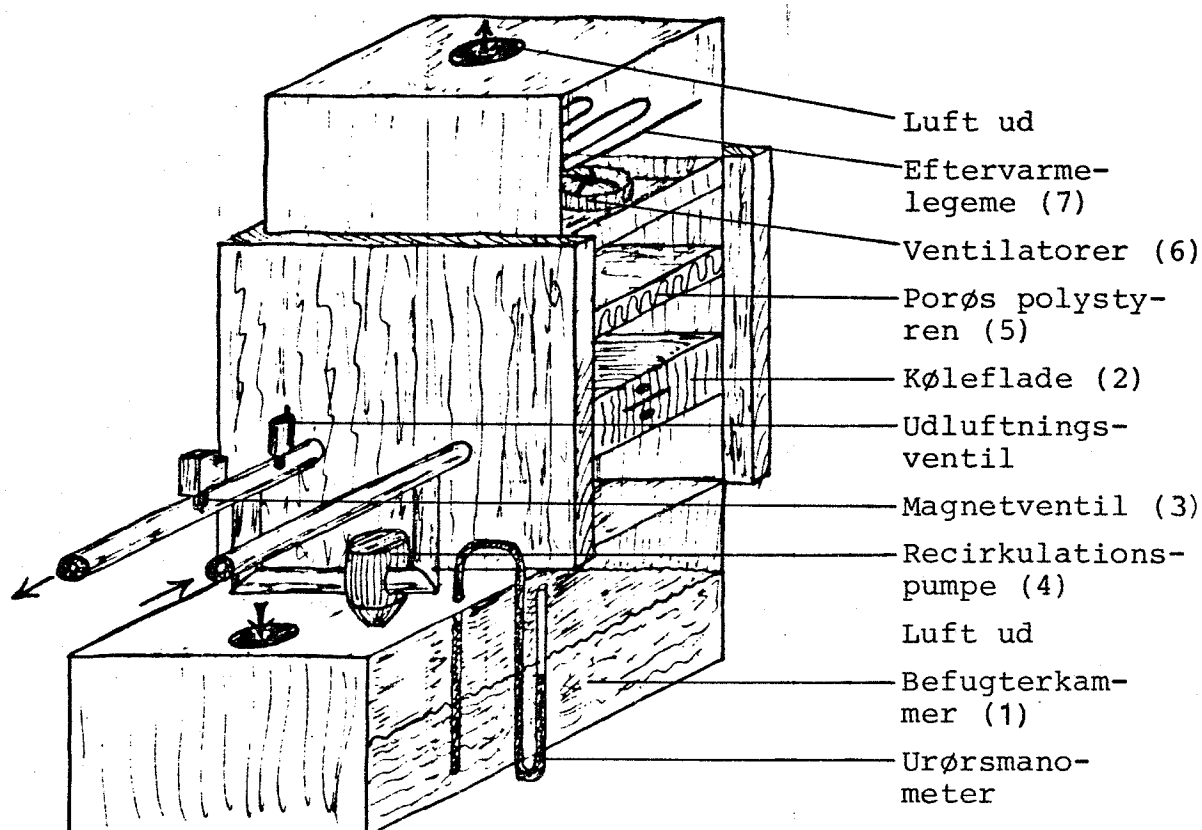
Beskrivelse.

Fugtstyringen består af en befugter, en køleflade, to ventilatorer og en eftervarmefflade samt styring til de enkelte dele.



Figur 4.9. Billede af fugter med styring og luftudtag fra ventilationskanal.

Som det ses af figur 4.9 er fugteren koblet på ventilationskanalens øverste del med en suge- og returledning, der er anbragt overfor hinanden. Følges luftstrømmen fra suge- til returledning, vil den passere følgende komponenter i nævnte rækkefølge. De efterfølgende numre refererer til figur 4.10.



Figur 4.10. Skitse af fugterdel, hvor højre side af fugteren er fjernet så man kan se de enkelte komponenter.

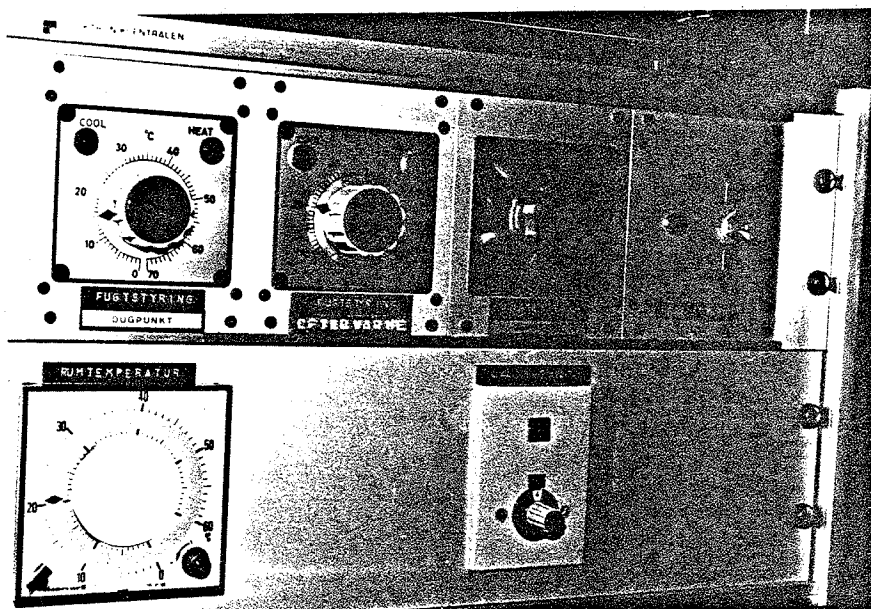
Fra sugeledningen, der er placeret på kanalens bagside, går luften over i befugterkammeret (1). Luften bestryger en vandoverflade på 400 x 700 mm, hvor den tilføres overskud af vand. I vandet er neddykket et 100 watts varmelegeme, der kan aktiveres, hvis vandtilførslen er for langsom. I vandet er også neddykket et rør, der er forbundet med et u-rørsmanometer til registrering af vandstandsniveauet.

Fra befugteren fortsætter luften over i fugterens lodrette del, hvor kølefladen (2) er placeret først. Kølefladen, der er 300 x 300 mm, får tilført kølevæske fra køleenheden. En magnetventil (3) fra Danfoss med produktnummer EVSI 20 styrer mængden af ny kølevæske til kølefladen. En pumpe (4) fra firmaet T. Smedegård Pumper med produktnummer WWR 25/4-1 sørger for recirkulation i kølefladen. På kølevæskens afgangsledning fra kølefladen er en udluftning for hele kølesystemet placeret. Den er fra Danfoss og har produktnummer HY-VENT 42-5065. Temperaturen på kølefladen, der er fra firmaet Nordisk Ventilator Co. A/S med produktnummer LFA-334-4V, styres af et Pt 100 termoelement, der er placeret i en foring midt i kølefladen. Kølefladens ribber vil under drift være våde, idet den overskydende vandmængde kondenseres ud der.

Efter kølefladen er der anbragt en 50 mm tyk polystyrenplade (5), der er meget porøs og åben i strukturen. Over den sidder to ventilatorer (6) fra firmaet Multikomponent med produktnummer 7650. Ventilatorerne kører med konstant hastighed. Når begge er i drift giver de en luftstrøm på $70 \text{ m}^3/\text{h}$.

Øverst i fugterens lodrette del sidder et eftervarmelegeme (7) fra firmaet Svend A. Nielsen med produktnummer DV 1300/5. Et Pt 100 termoelement til styring er placeret ovenover ved indgangen til returledningen. Returledningen er fastgjort til ventilationskanalens forside overfor sugeledningen.

Fugtstyringen er placeret øverst i styremodulet, som angivet på billedet figur 4.11. Yderst til venstre er temperaturstyringen for kølefladen, mærket "Fugtstyring Dugpunkt". Til højre derfor sidder temperaturstyringen til eftervarmelegemet, mærket "Fugtstyring Eftervarme". Skalaerne for de to styringer går fra $0 - 60^\circ\text{C}$ med mindste inddeling på 1°C . Til højre herfor sidder variotransformereren for varmelegemet i befugtervandet mærket "Fugtstyring Befugtning". Skalaen går fra $0 - 100\text{W}$ med mindste inddeling på 10 W . Yderst til højre sidder en netafbryder for hele fugtstyringen.



Figur 4.11. Billede af styremodul med fugtstyring placeret i øverste del.

Kalibrering.

Styringen er indreguleret af Elektronikcentralen, og bør ikke ændres uden deres medvirken.

Da føleren til kølevandet til stadighed er dækket af vand, og der samtidig passerer en kraftig luftstrøm henover, vil føleren blive underafkølet. Underafkølingen er ikke lineær med indstillingen så sammenhængen mellem det indstillede "Fugtstyringsdugpunkt" og lufttemperaturen over kølefladen ved fastholdt lufttemperatur i ventilationskanalen er blevet bestemt, se afsnit 7 "Indstilling" figur 7.3.

Vedligeholdelse.

Kølesystemet kontrolleres for luft ved at løsne den sorte skrue på udluftningsventilen.

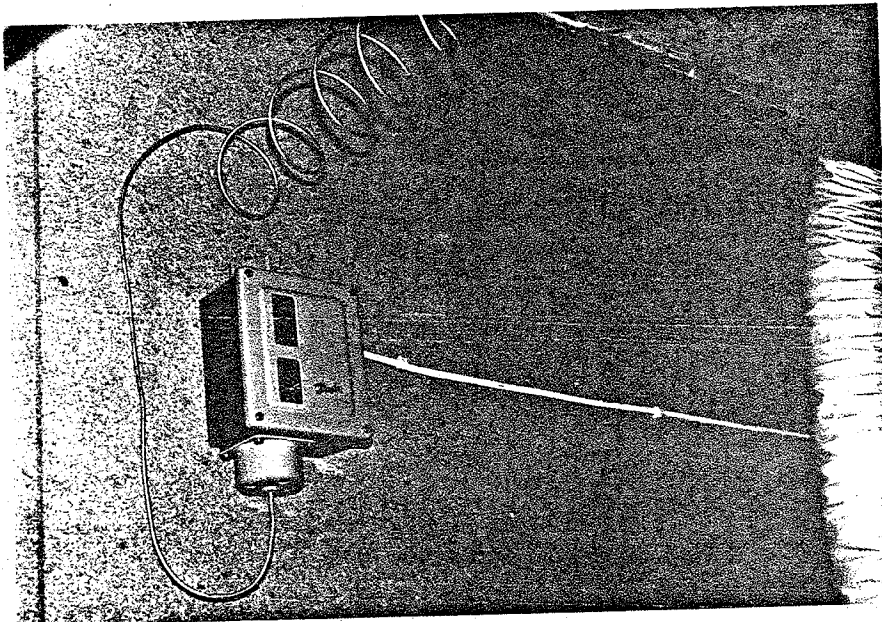
Vandstanden i befugterkammeret efterfyldes med demineraliseret vand, hvis vandstanden er mindre end 100 mm. Påfyldningen kan ske enten gennem urørsmanometeret eller ved at åbne den

lodrette del af fugteren og fylde vandet ind i bunden af denne. Kølefladen renses eller afises, hvis det er nødvendigt.

4.6. Overophedningssikring.

Beskrivelse.

Overophedningssikringen er en termostat fra firmaet Danfoss med produktnummeret RT 101.



Figur 4.13. Billede af termostat til sikring af overophedning af kanal p.g.a. svigt i fugtstyring.

Som det fremgår af figur 4.13 er termostaten placeret på væggen bag ventilationskanalens øverste del. Føleren er placeret i ventilationskanalen efter fugtertilslutningen. Termostaten er tilsluttet fugtstyringen i klemme 15 og 16.

Kalibrering.

Termostaterne stilles 5°C over den ønskede kanaltemperatur.

4.7. Tidskonstanter for styringerne.

For følgende styringer er tidskonstanter med hensyn til temperaturen i kanalen bestemt.

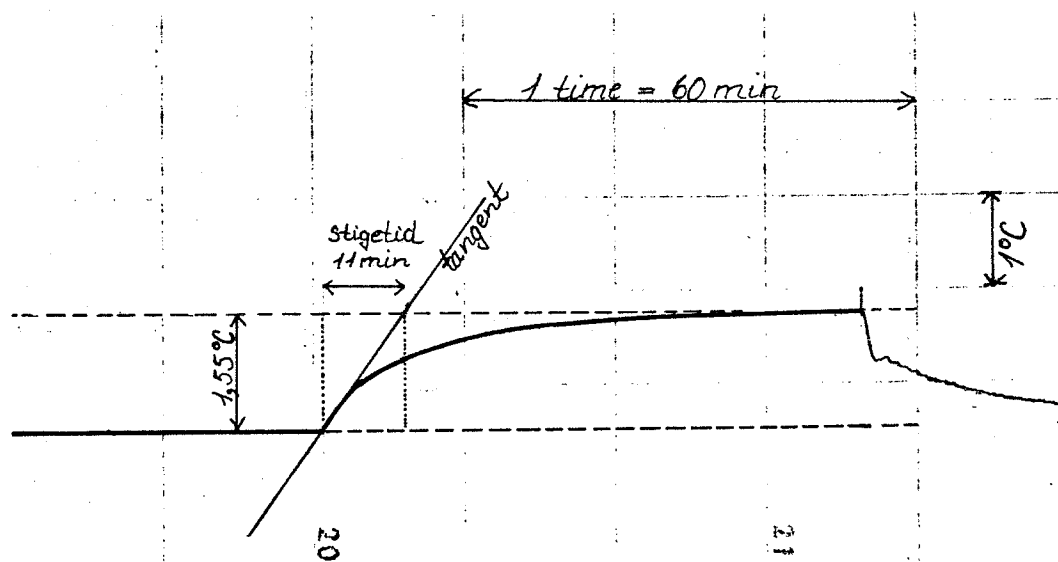
Vindhastighedsregulering, 2 ↔ 6

Rumopvarmning, 23 ↔ 21°C

Fugtkøling, 15 ↔ 2°C

Fugteftervarme, 23 ↔ 17°C

For hver af de enkelte styringer er der reguleret fra udgangsværdien til yderværdien og tilbage igen, og temperaturen er målt kontinuert på kanal 3, altså temperaturen i ventilationskanalen efter eksponeringsområdet.



Figur 4.14. Kurve til bestemmelse af stigetiden for ventilationskanal tempereturen ved fugter-eftervarme regulering.

Det fremgår af figur 4.14, at stigetiden for styringssystemet er defineret som tidsforskellen mellem start- og slutværdi for tangenten til kurven i startværdien.

Er der kun en tidskonstant i systemet vil 63% af den mulige respons være nået ved afslutning af stigetiden.

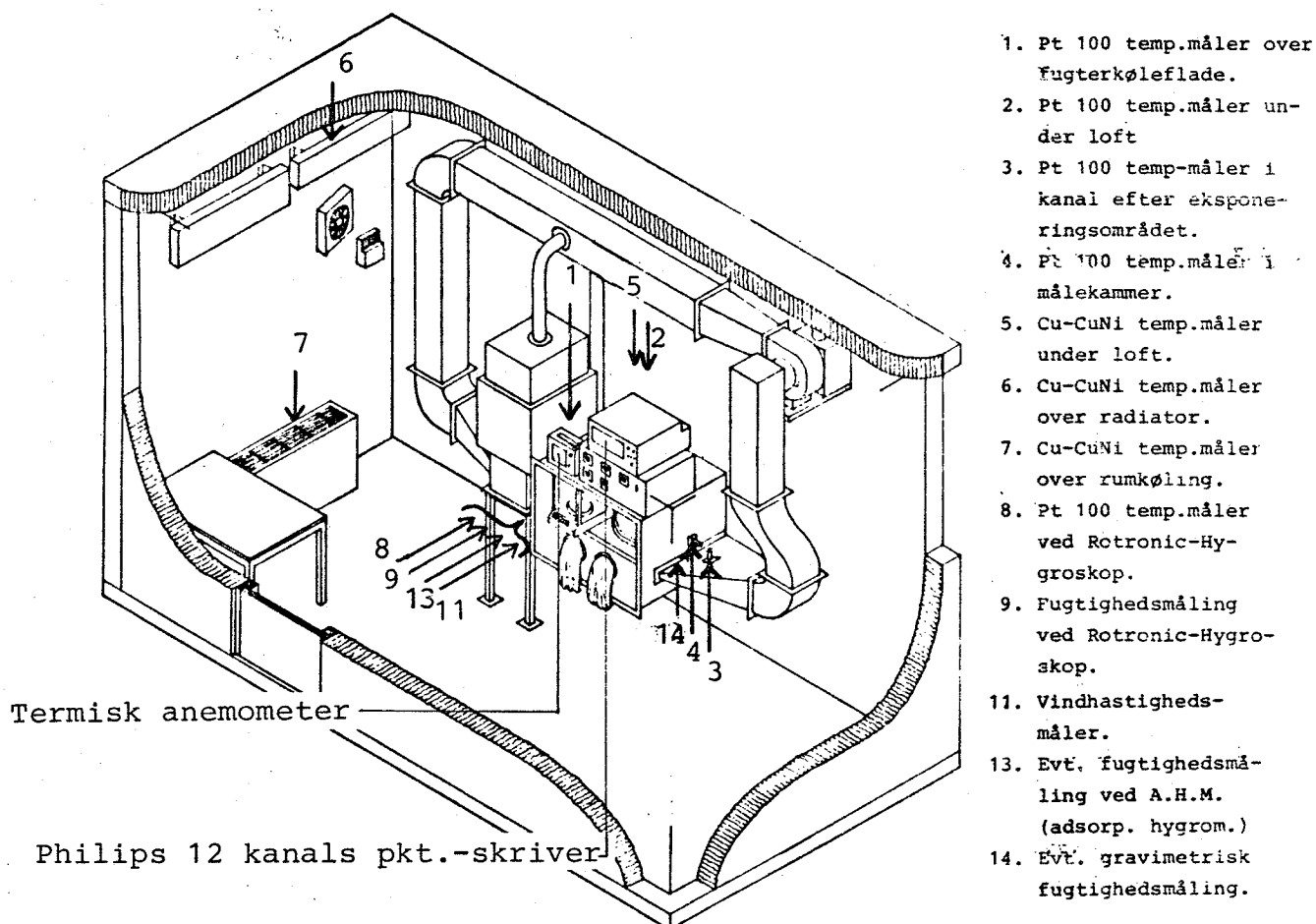
Følgende stigetider for kanaltemperaturen er målt (kørsel 56 og 57) ved ændring på vindhastighed, rumopvarmning, fugterkøling og fugtereftervarme:

	Stigetid	Tid til afvigelse fra ligevægt er $<0,1^{\circ}\text{C}$
Vindhastighed:		
stigende fra 2 - 6	15 min	2 time
faldende fra 6 - 2	20 min	4 time
Rumopvarmning:		
opvarmning fra $21^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}$	46 min	3 timer
afkøling fra $23^{\circ}\text{C} - 21^{\circ}\text{C}$	35 min	6 timer
Fugterkøling:		
opvarmning fra $2^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}$	35 min	60 min
Fugtereftervarme:		
opvarmning fra $17^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}$	6 min	70 min
afkøling fra $23^{\circ}\text{C} - 17^{\circ}\text{C}$	11 min	70 min

5. MÅLING OG REGISTRERING.

Måle og registreringsudstyret består af følgende delelementer:

- 4 temperaturmålere ved Pt 100 modstandselement
- 3 temperaturmålere ved Cu-CuNi termotråd
- fugtighedsmåler af mærket Rotronic-Hygroskop HTS-DMS 100 HT3 som måler temperatur og relativ fugtighed.
- vindhastighedsmåler af termisk anemometer typen fra firmaet Wilh. Lambrecht KG og med produktbetegnelsen 641 bN.
- en 12 kanals punktskriver fra firmaet Philips og med produktbetegnelsen PM 8236 og PM 9832/03 til registrering af temperatur, fugtighed og vindhastighed.
- samt en vægt fra firmaet Sartorius med produktbetegnelsen 1608 MP 6.



Figur 5.1. Skitse af forsøgsrum med placering af måle- og registreringsudstyr samt placering af de enkelte målepunkter.

På figur 5.1. er angivet de enkelte instrumenters placering samt de enkelte målepunkter.

I punkt 1 - 8 måles temperaturen.

I punkt 9 måles fugtigheden

I punkt 11 måles vindhastigheden.

I punkt 13 er der klargjort til præcisionsfugtmåler.

I punkt 14 er der klargjort til gravimetrisk fugtighedsmåling.

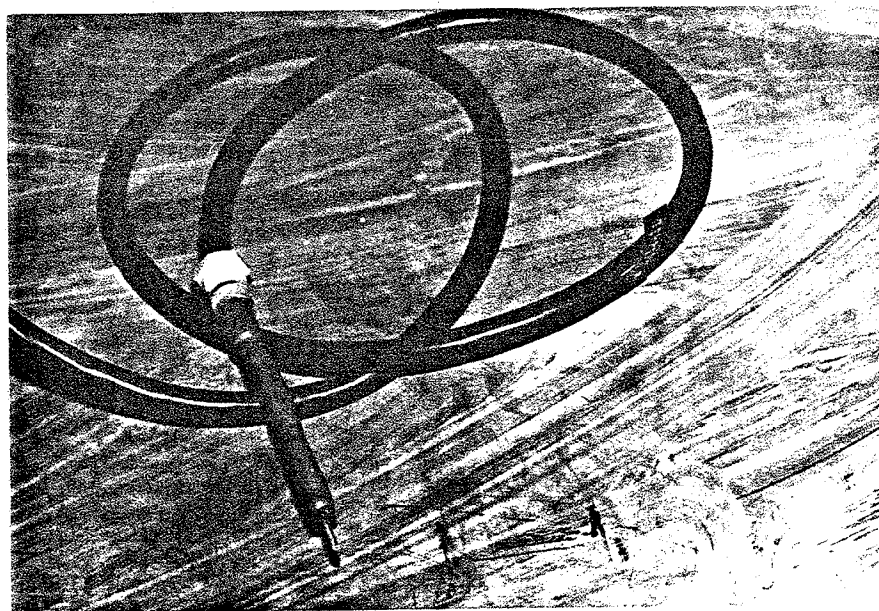
De enkelte instrumenter er beskrevet i det følgende.

5.1. Temperaturmåling.

Temperaturmålingen foretages med Pt 100 modstandelementer og Cu-CuNi (kobber-konstanten) termotråd.

Beskrivelse af Pt 100-element.

De benyttede Pt 100 modstande er 20 mm lange og 2,8 mm \varnothing og af glas fra firmaet JUBO gennem METRIC A/S mærket PG 1.2820. De er loddet på en $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$ gummikabel med to ledninger til hvert af modstandens ben. Lodningen er pakket i krympeflex, der er udført som en stiv kontinuert overgang fra føler til kabel. Kablet er 1 meter langt og afsluttet med 2 røde og 2 sorte stikben. De røde stikben tilsluttes registreringsudstyret i "Hi" og "LO" og de sorte i "1 og 2".



Figur 5.2. Billede af Pt100 modstandsføler monteret på 1 meter 4 ledet gummikabel

Føler 1, der er placeret over kølefladen i fugterenheden, tilsluttes registreringsenheden på kanal 1.

Føler 2, der er placeret i midten af forsøgsrummet 10 cm under loftet, tilsluttes registreringsenheden på kanal 2.

Føler 3, der er placeret i ventilationskanalen efter målekammeret, tilsluttes registreringsenheden på kanal 3.

Føler 4, der er placeret i målekammerets højre side, tilsluttes registreringsenheden på kanal 4.

Beskrivelse af Cu-CuNi.

De benyttede Cu-CuNi (kobber-konstantan) termotråde 2 x 0,5 mmø og belagt med brun polyvinylchlorid. Kobbertråden er rød og konstantantråden er brun.

De to tråde er i målepunktet loddet sammen. I den anden ende af ledningen er et rødt stikben monteret på kobberledningen og et sort på Konstantan ledningen. Kobberledningen tilsluttes "Hi" og konstantanledningen tilsluttes "Lo" i registreringsenheden.

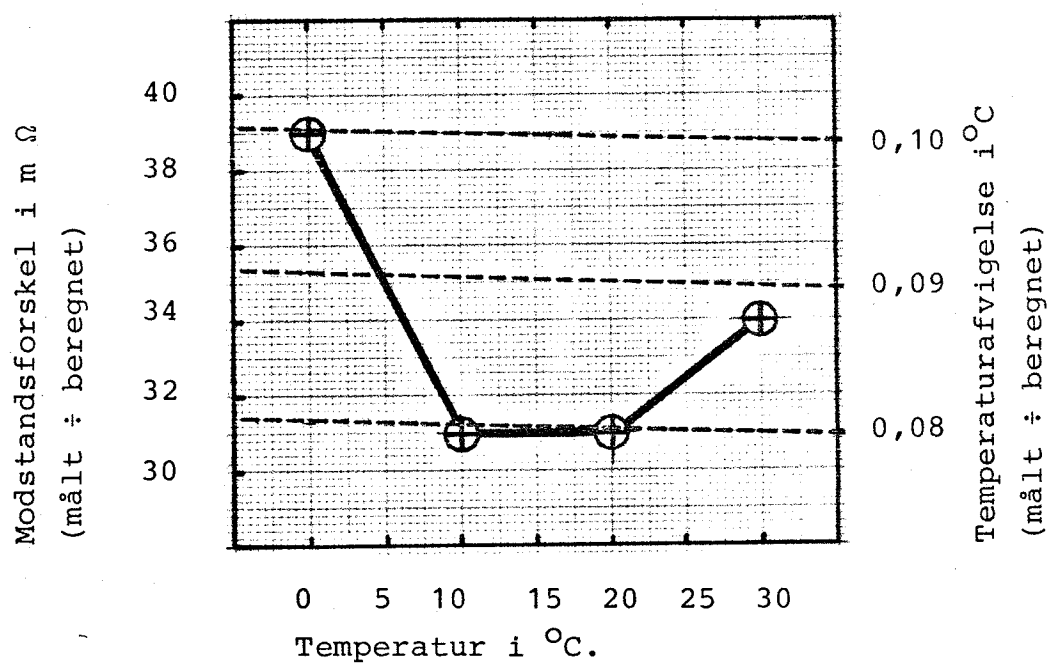
Føler 5, der er placeret under loftet ved siden af føler 2, tilsluttes registreringsenheden på kanal 5. Føler 6, der er placeret over varmelegemerne i forsøgsrummet, tilsluttes registreringsenheden på kanal 6. Føler 7, der er placeret over køleenheden i forsøgsrummet, tilsluttes registreringsenheden på kanal 7.

Kalibrering.

Temperaturføler 3 (Pt 100) er kalibreret på RISØ i henhold til Statens Tekniske Prøvenævn autorisation nr. 98. - Kalibrering af temperaturmålere - rapport nr. 128.

Kalibreringen gav følgende resultat:

Målt temperatur i °C	Målt modstand i Ω	Beregnet modstand ifølge DIN 43 760 i Ω	Modstandsforskel (målt - beregnet) i m Ω
0,00	100,0387	100,000	+ 39
9,99	103,929	103,898	+ 31
20,01	107,828	107,797	+ 31
29,98	111,698	111,664	+ 34



Figur 5.3. Korrektionskurve for temperaturføler nr. 3 i følge Risø rapport 128 og DIN 43 760.

Kalibrering af de 7 øvrige temperaturfølere er foretaget på følgende måde:

- De 5 Pt 100 termoelementer er bundet sammen og placeret i midten af ventilationskanalen uden berøring med væggene.
- Rumtemperaturen stilles på 23°C og befugteren afbrydes.
- Ventilationshastigheden stilles på "3".
- Efter ligevægt aflæses temperaturerne på registreringsenheden.
- De 3 Cu-CuNi termoelementer kalibreres mod føler 3, idet der 0-justeres til termoelementerne viser den sande temperatur.

Følgende værdier blev ifølge kørsel nr. 19, 18, 49 og 20 målt:

Føler 1: $\text{temp } 3 - \text{temp } 1 = 0,56^{\circ}\text{C}$

Føler 2: $\text{temp } 3 - \text{temp } 2 = 0,59^{\circ}\text{C}$

Føler 4: $\text{temp } 3 - \text{temp } 4 = 0,16^{\circ}\text{C}$

Føler 8: $\text{temp } 3 - \text{temp } 8 = -0,28^{\circ}\text{C}$

Da føler 3 ifølge figur 5.3 måler $0,08^{\circ}\text{C}$ for højt omkring 20°C giver det følgende korrektionsværdier for de 4 Pt 100 termoelementer:

Føler 1: $\text{målt temp i } ^{\circ}\text{C} + 0,5^{\circ}\text{C} = \text{sand temp i } ^{\circ}\text{C}.$

Føler 2: $\text{målt temp i } ^{\circ}\text{C} + 0,5^{\circ}\text{C} = \text{sand temp i } ^{\circ}\text{C}.$

Føler 3: $\text{målt temp i } ^{\circ}\text{C} - 0,08^{\circ}\text{C} = \text{sand temp i } ^{\circ}\text{C}.$

Føler 4: $\text{målt temp i } ^{\circ}\text{C} + 0,1^{\circ}\text{C} = \text{sand temp i } ^{\circ}\text{C}.$

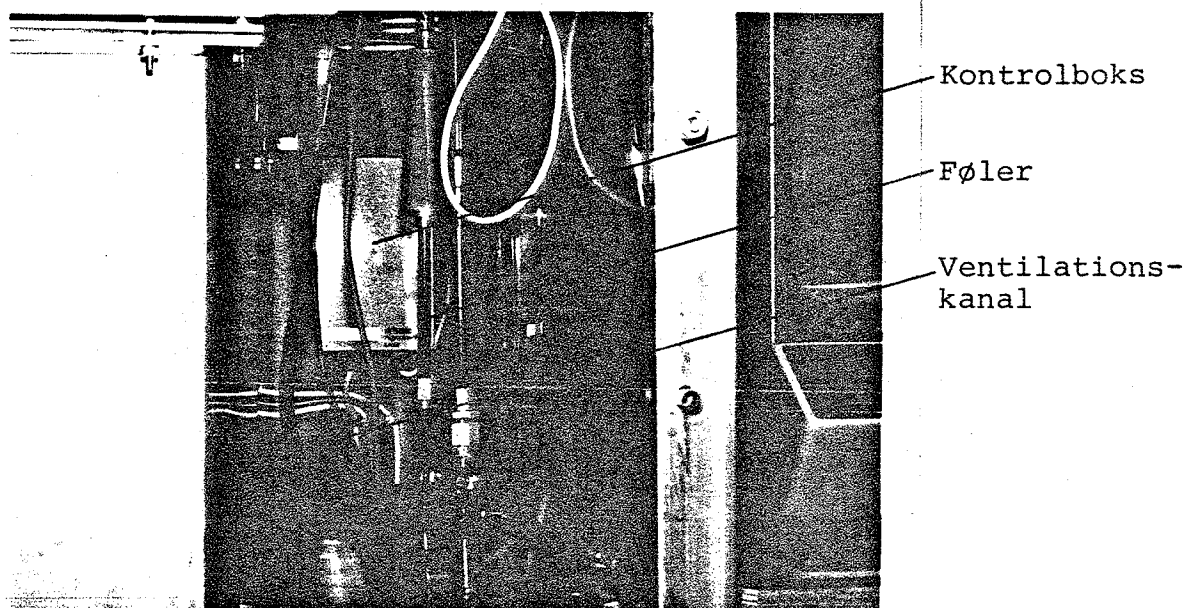
Føler 8: $\text{målt temp i } ^{\circ}\text{C} - 0,4^{\circ}\text{C} = \text{sand temp i } ^{\circ}\text{C}.$

Temperaturkorrektionen benyttes ved alle aflæsninger af temperaturen på registreringsenheden.

5.2. Fugtighedsmåling.

Beskrivelse.

Fugtighedsmåleren er en Rotronic-Hygroskop af typen HTS-DMS 100 HT3, der måler temperatur og relativ fugtighed. Firmaet opgiver at fugtigheden måles med en nøjagtighed på $\leq \pm 2\%$ RH, og reproducerbarheden er $\leq 0,2\%$ RH, og temperaturen måles med en nøjagtighed på $\leq \pm 0,4^{\circ}\text{C}$.



Figur 5.4. Billed af Rotronic-fugtighedsmåler.

Instrumentet består af en føler med tilslutningsledning og en kontrolboks, samt en kalibreringsenhed. Føleren placeres i ventilationskanalen før målekammeret i det bageste hul, og føleren tilsluttes kontrolboksen, der er placeret på væggen under målekammeret, og kontakten er mærket Rotronic.

Kontrolboksens udgang for temperatur tilsluttes registreringsenheden på kanal 8 således at "U" tilsluttes "Hi" og "O" tilsluttes "Lo". Skalaen er lineær med 0°C er lig 0 volt og 100°C er lig + 1 volt. Anvendes skala D, er fuldt udslag lig 25°C , og intet udslag er lig 0°C . Anvendes skala E, er fuldt udslag i stedet 50°C .

Kontrolboxens udgang for fugtighedsmåling forbindes til registreringsenhedens kanal 9, således at "U" tilsluttes "Hi" og "O" tilsluttes "Lo". Skala F benyttes og signalet er lineært, så intet udslag er lig 0%RH og fuldt udslag er lig 100%RH. De to "O" terminaler forbindes til "GROUND" på registreringsenheden.

Kalibrering.

Temperaturmålingen må ikke indreguleres, men en etpunkts kalibrering foretages sammen med de andre temperaturmålinger. Fugtighedsmåleren kalibreres på følgende måde:

- Toplåget fjernes på den rengjorte kalibreringsenhed, der er i temperaturligevægt med en omgivelse på 23°C .
- Føleren skubbes ind i kalibreringsenheden og fastlåses.
- Der kommes en textildug med tre plader i toplåget.
- Indholdet i en 80%RH ampul omrystes og stænkes på textildugen.
- Toplåget med textildugen skrues i kalibreringsenheden idet kalibreringsenheden er vendt så låget skrues i på undersiden. Dette gøres fordi opløsningen aldrig må komme i kontakt med føleren.
- Lad derefter føleren komme i ligevægt med opløsningen, det tager ca. $\frac{1}{2}$ - 1 time, og juster derefter evt. på regulerings-skruen i håndtaget til skriveren viser 80%RH.
- Efter kalibreringen fjernes textildugen og kalibreringsenheden rengøres grundigt.

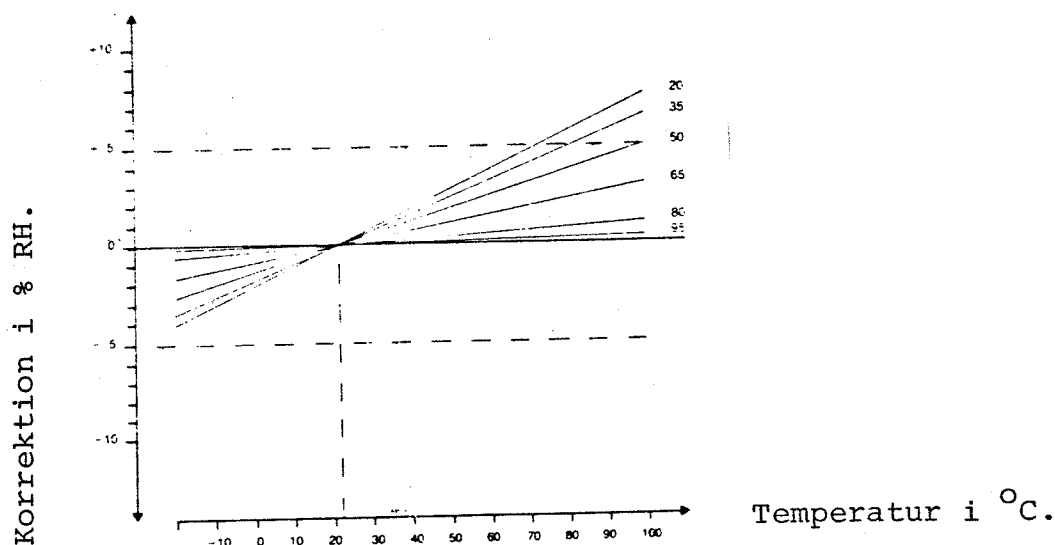
Følgende værdier er målt:

Kørsel nr.	Temperatur	Målt fugtighed	Referencefugtighed
5,01	23,0 °C	35,6% RH	35,0% RH
17	23,4 °C	66,2% RH	65,0% RH
5,03	22,9 °C	80,9% RH	80,0% RH
5,02	23,0 °C	97,1% RH	95,0% RH

Det giver følgende korrektionsværdi: "Målt fugtighed" x 0,983
= "sand fugtighed".

Temperaturkorrektur.

Hvis der måles ved andre temperaturer end 23°C, skal der korrigeres for temperatur ved hjælp af nedenstående korrektionskurve.



Figur 5.5. Korrektionskurve for temperaturændringer. Kurven er taget fra Rotronic's manual.

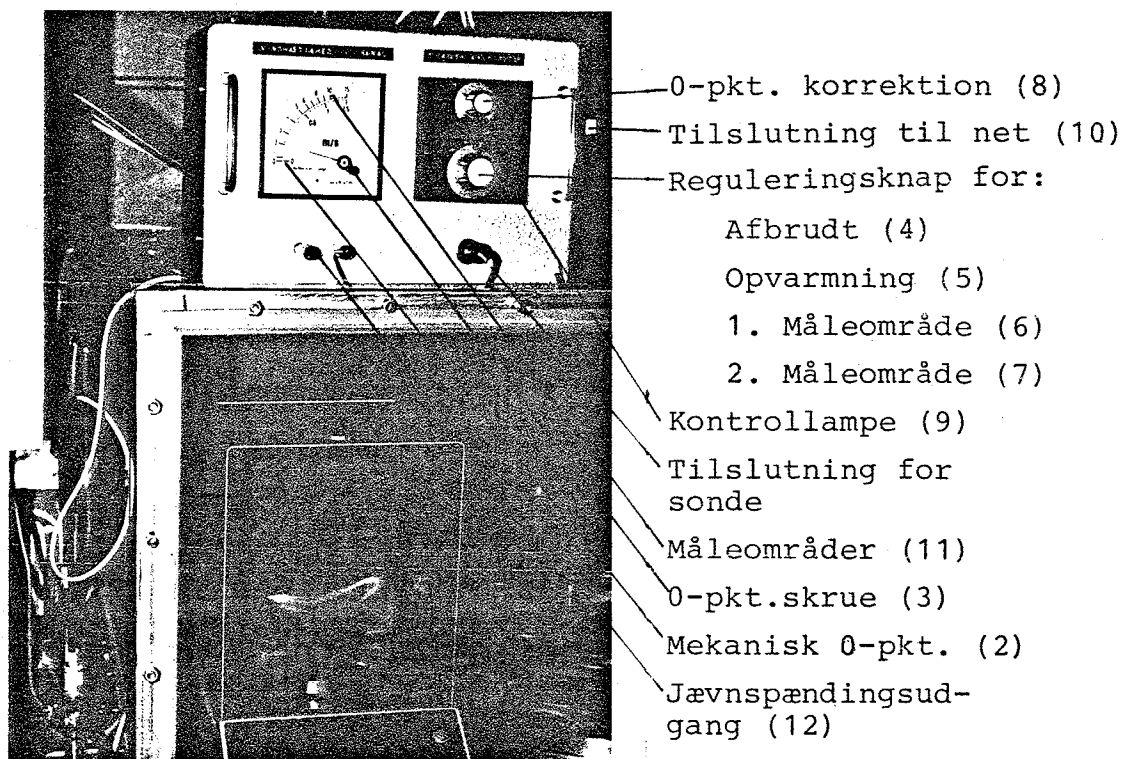
5.3. Vindhastighedsmåling.

Beskrivelse.

Vindhastighedsmåleren er et termisk anemometer fra firmaet Wilh. Lambrecht KG med produktbetegnelsen 641 bN. Et termisk

anemometer virker ved den afkølende effekt luften har, når den bevæger sig hen over et opvarmet legeme. En opvarmbar modstand er indbygget i en Wheatstonsbro, og den er placeret i sondens spids. Strømmer luften ikke hen over sonden, har den en temperatur på ca. 200°C og diagonalstrømmen over broen er nul. Når luften derimod strømmer hen over sonden, vil temperaturen falde i den opvarmede modstand, og det vil p.g.a. en modstandsændring i broen resultere i en målbar diagonalstrøm.

Anemometret består af en målesonde med en seksledet tilslutningsledning samt et måleapparat med tilslutningsledning til 220 volt og en udgang for jævnspænding.



Figur 5.6. Billede af termisk anemometer med målesonde.

Firmaet opgiver at udstyrets fejlgrænser for måleområde 1 er:
Under 6 m/s - $\pm 2\%$ af skalaværdi.

Over 6 m/s for temperatur mellem $10 - 30^{\circ}\text{C}$ - $\pm 5\%$ af skalaværdi.

Over 6 m/s for temperatur under 10°C og over 30°C - $\pm 10\%$ af skalaværdi

Målesonden er 300 mm lang og 6 mm \varnothing og med et 110 mm langt håndtag. Den opvarmbare modstand ligger frit i sondens spids kun beskyttet af en ramme. Et beskyttelsesnet kan skydes hen over modstanden ved hjælp af en betjeningsknap i håndtaget. Betjeningsknappen har tre indstillinger "1", "2" og "K". "1" er for måleområde 1, "2" er for måleområde 2 og "K" er for kontrol ved nul indstilling. Målesondens ledning tilsluttes måleapparatet ved stikket mærket med (1) på figur 5.6.

Målesonden placeres i målested 11, således at modstanden i sondens spids befinder sig i kanalens midte og betjeningsknappen peger bagud og vinkelret på kanalen. Pilen på håndtaget peger nu i luftstrømmens retning.

Måleapparatet tilsluttes lysnettet ved (10). Afbryderen er anbragt på væggen under ventilationskanalen og mærket "Anemometer". På måleapparatets forside er anbragt et viserinstrument med en nulpunktsskrue (3) og to måleområder (11) med et mekanisk nulpunkt ved (2). Første måleområde går fra 0 - 15 m/s og andet måleområde fra 0 - 1,5 m/s. Til højre for viserinstrumentet befinder der sig to knapper. Den øverste knap (8) er til korrektion af nulpunktet. Den nederste knap er til omskiftning mellem afbrudt (4), opvarmning (5), 1. måleområde (6) og 2. måleområde (7). (9) er en kontrollampe, der lyser grønt, når apparatet er i drift. Jævnspændingsudgangen (12) fra 0 - 110 mV (rød +, blå = -) tilsluttes registreringsenheden på kanal 11 med rød = + "Hi" og blå = ÷ i "Lo". I skriveren anvendes skala D med måleområde 0 - 250 mV.

Anvendelse.

Start.

Målesonden tilsluttes måleapparatet (1), reguleringsknappen stilles på "Afbrudt" (4), betjeningsknappen på sondens håndtag stilles på "K", og apparatet tilsluttes lysnettet (10). Hvis

viseren ikke står på nul (2) foretages en justering ved hjælp af (3). Reguleringsskappen stilles nu på opvarmning (5) i 5 sek., og kontrollampen (9) skal nu lyse grønt. Reguleringsskappen stilles på 1. måleområde (6) idet korrektionskappen benyttes til viseren står på nul (2), derefter finindstilles på 2. måleområde (7). Det kontrolleres, om kanal 11 på skriveren også står på nul. Betjeningskappen på sonden stilles på "1" og reguleringsskappen på 1. måleområde, og apparatet er nu klar til måling.

Måling.

For at finde den aktuelle vindhastighed må der korrigeres for temperaturen. Den aktuelle temperatur aflæses enten på kanal 3 eller kanal 8. Hvis viserinstrumentet benyttes, da aflæses den målte værdi på det aktuelle måleområde. Ved at benytte figur 5.7 findes den aktuelle vindhastighed. Hvis registreringenheden benyttes, da aflæses den målte værdi på kanal 11, og ved at benytte figur 5.9 findes den aktuelle vindhastighed.

Afbrydelse.

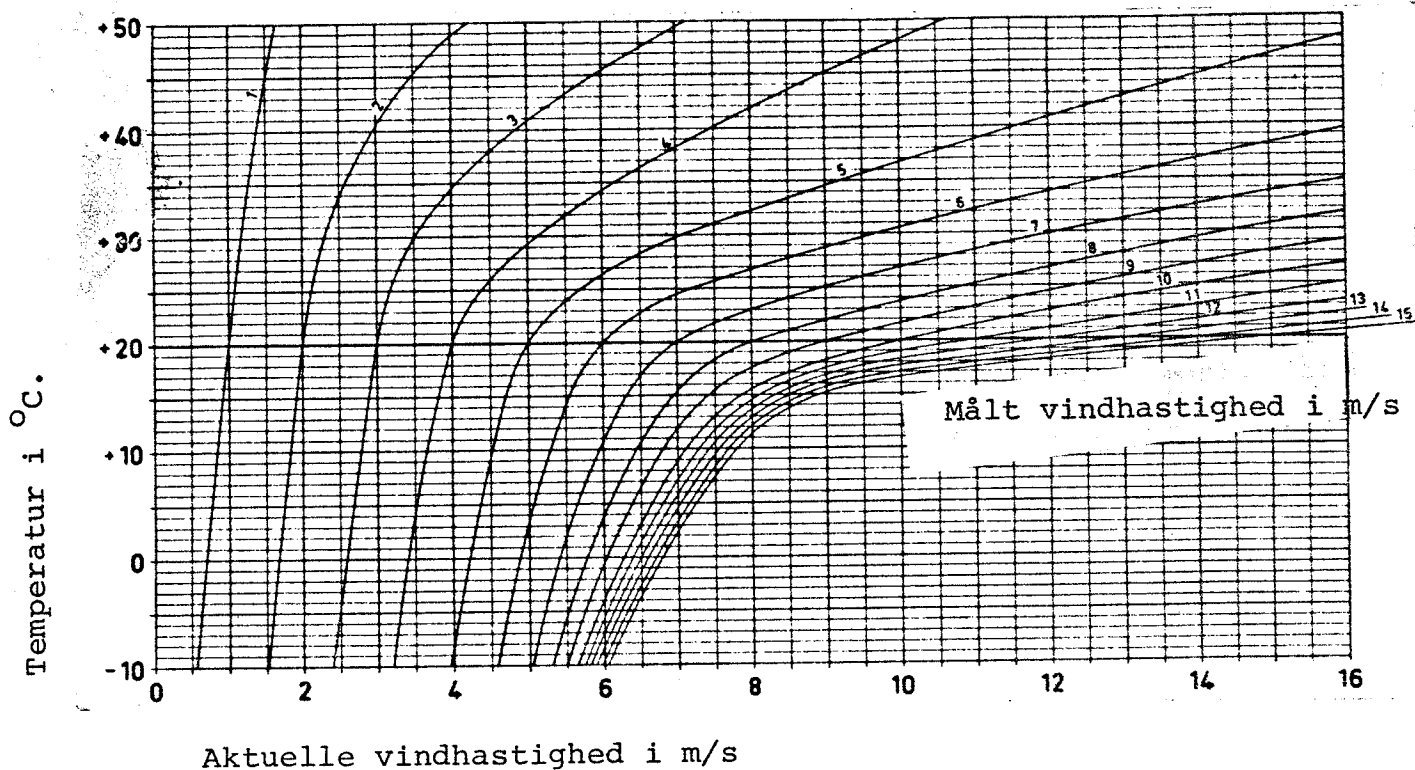
Betjeningskappen på sondens håndtag stilles på "K" og reguleringsskappen stilles på afbrudt (4).

Kalibrering.

Foruden nul-kalibreringen, der er gennemgået under "Anvendelsestart", er det nødvendigt at korrigere den målte værdi med hensyn til temperaturen. Wilh. Lambrecht KG har opgivet korrektionskurver til dette formål, når den målte vindhastighed aflæses på instrumentet. Korrektionskurverne er gengivet på figur 5.7.

Skalaen på viserinstrumentet er håndtegnet ifølge Wilh. Lambrecht KG på baggrund af kalibreringsmålinger. Det har ikke været muligt at få opgivet sammenhængen mellem den målte vindhastighed og spændingen over udgangen til skriveren (12). Det har derfor været nødvendigt at udføre et kalibreringsforsøg.

Måleområde 1



Figur 5.7. Korrektionskurve for termisk anemometer med indgangsparametre - målt vindhastighed i m/s og temperaturen i °C.

Kalibreringsforsøg mellem målt vindhastighed og temperatur.

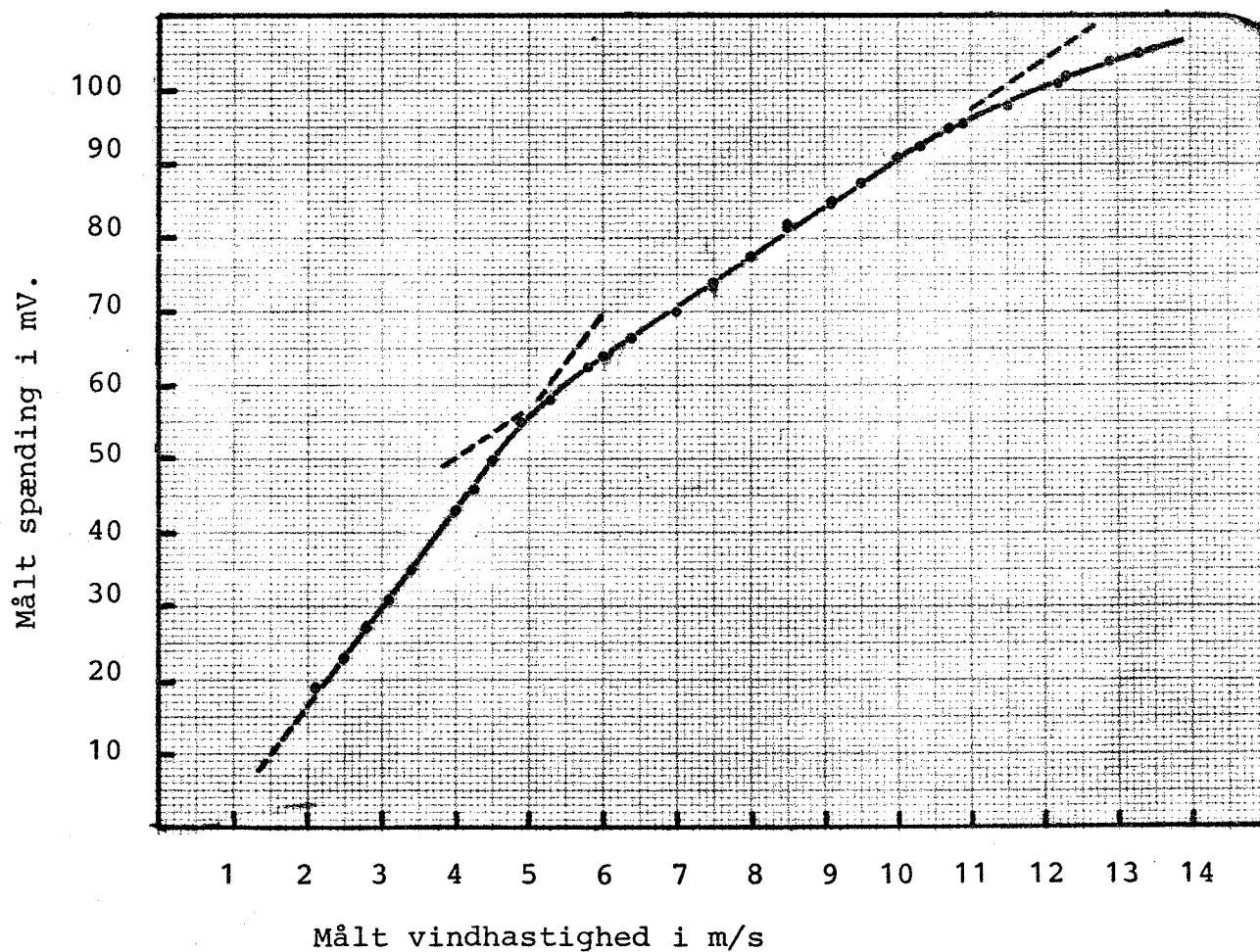
Forsøget er udført ved 23°C og en dugpunktstemperatur på 15°C. Forsøget gav følgende sammenhængende værdier for målt vindhastighed og udgangsspænding i følge kørsel nr. 50:

Målt vindhastighed i m/s	13,3	12,9	12,3	12,2	10,3
Målt udgangsspænding i mV	105	104	102	101	92,5

Målt vindhastighed i m/s	9,5	8,5	7,5	6,4	5,3
Målt udgangsspænding i mV	87,5	81,5	74,0	66,5	58,0

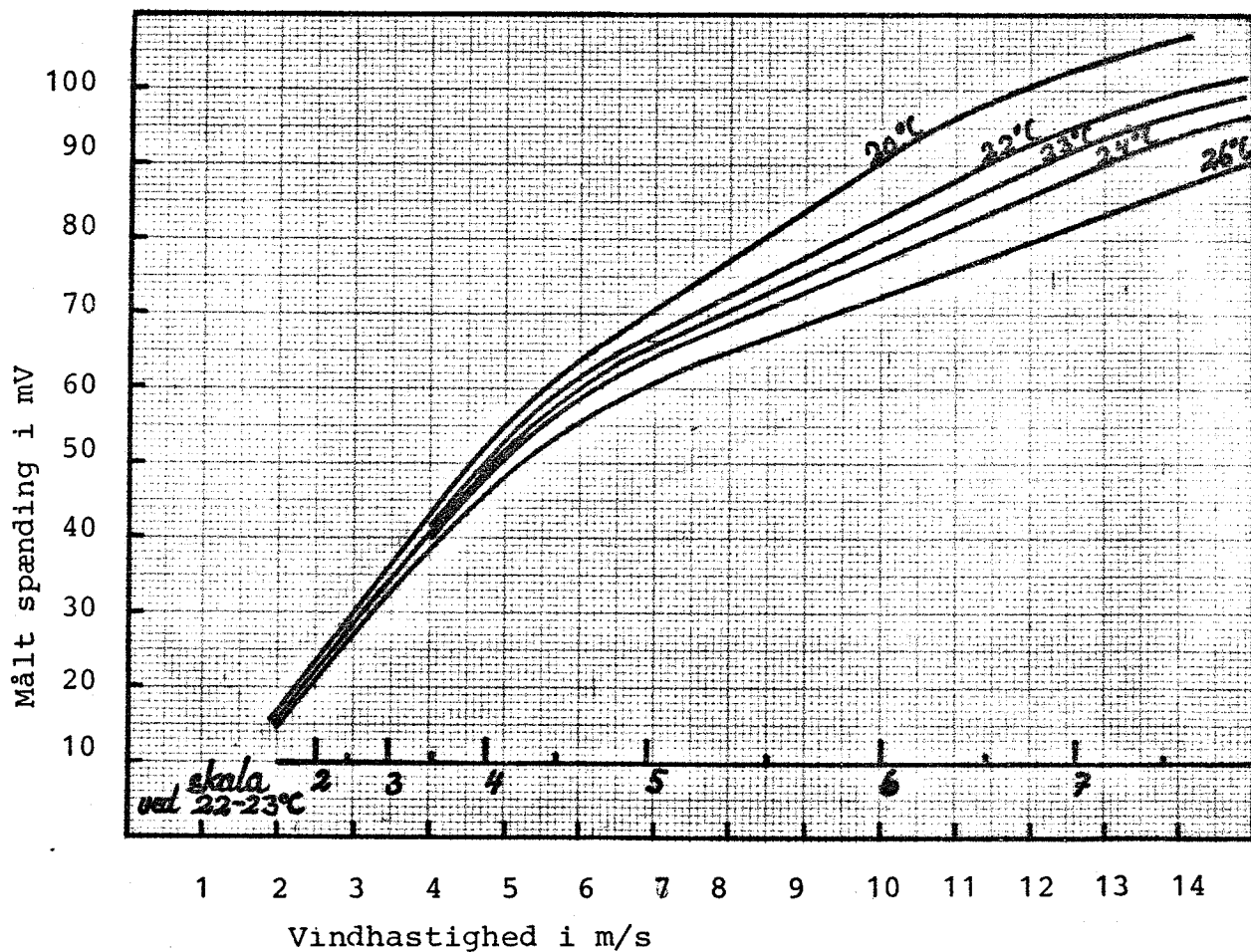
Målt vindhastighed i m/s	4,5	4,0	3,4	2,8	2,5
Målt udgangsspænding i mV	50	43	35	27	23

De sammenhørende værdier er vist på figur 5.8.



Figur 5.8. Sammenhæng mellem målt vindhastighed og målt udgangsspænding.

På baggrund af korrektionskurven figur 5.7 og kalibreringskurven figur 5.8 fremstilles en ny korrektionskurve, hvor indgangsparametrene er - målt udgangsspænding i mV og temperatur i $^{\circ}\text{C}$. Korrektionskurven er vist på figur 5.9.



Figur 5.9. Korrektionskurve for termisk anemometer med indgangsparametre - målt udgangsspænding i mV og temperatur i $^{\circ}\text{C}$.

Vedligeholdelse.

Bliver følerens spids tilsmudset, kan den skylles med vand eller æther, dog må den ikke berøres. Det tilses, at gitteret er helt og ubeskadiget. Akkumulatoren efterses for utætheder og driftsvigt med jævne mellemrum.

5.4. Registrering.

Beskrivelse.

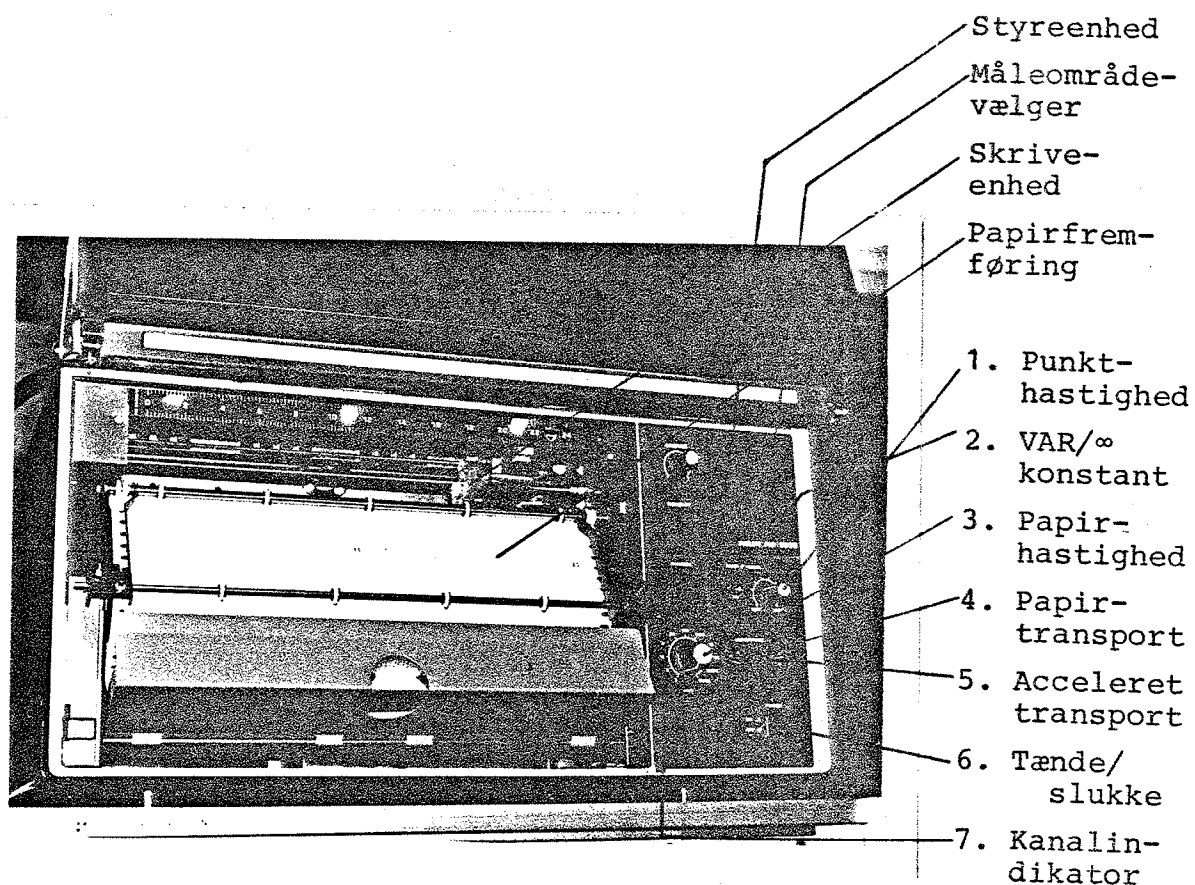
Registreringsenheden består af en PHILIPS 12-kanals punktsk. med betegnelsen PM 8236 og en måleområdevælger med 6 enkelte måleområder på valgbar printkort med betegnelsen PM 9832/03, samt 6 printkort med betegnelserne PM 9842B/02, PM 9842B/03, PM 9845A/01, PM 9840M/09, PM 9840M/21 og PM 9840M/18. I dette sammenhæng vil registreringsenheden kunne deles op i følgende underdele:

1. Styreenhed
2. Måleområdevælger
3. Tilslutning
4. Skriverenhed
5. Papirfremføring.

Styreenhed.

Som det fremgår af figur 5.10 er styreenheden placeret nederst til højre på skriverens forside, og den består af følgende dele, som er nummererede i henhold til figur 5.10.

- Reguleringsknap for punkthastighed (1). Punktafstanden kan reguleres indenfor området 1 - 22 sek. Knappen stilles normalt i den mærkede position.
- VAR/ ∞ kontakt (2). ∞ vælges, når der for en enkelt kanal ønskes en kontinuert udskrift (den tilhørende skriverenhed skal da være monteret). VAR vælges, når der skal skannes over de 12 kanaler med en punktudskrift. Kontakten stilles normalt på VAR.

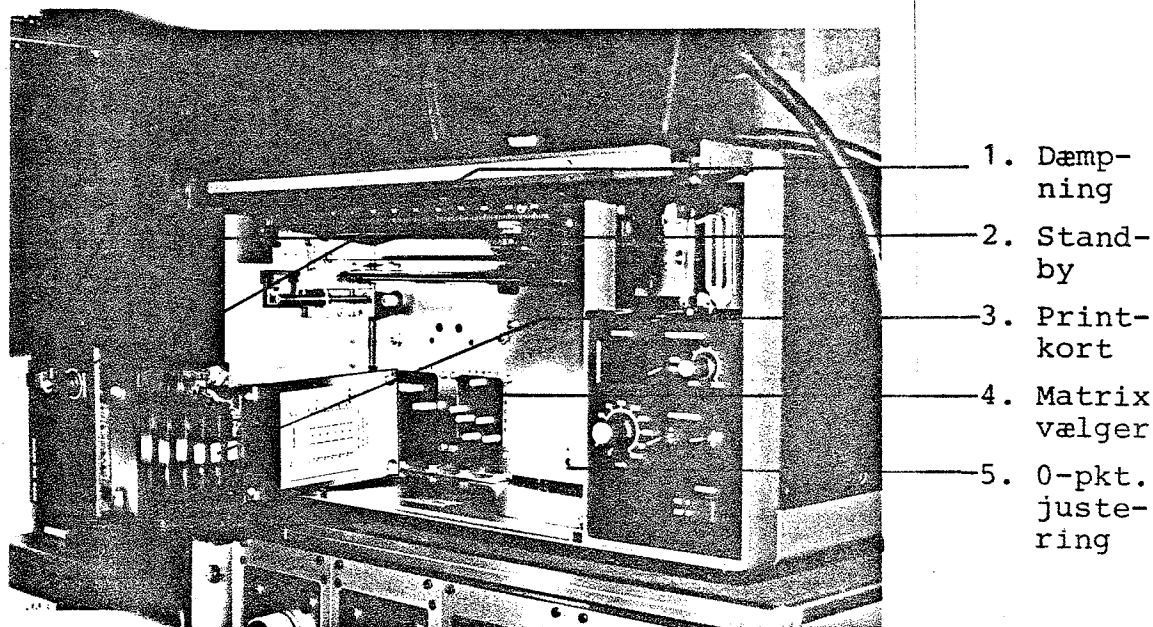


Figur 5.10. 12-kanals punktskriver set forfra.

- Papirhastighedsvælger (3). Den stilles normalt på 3 cm/h.
- Papir transport kontakt (4). Den stilles normalt i laveste position, som er fremtransport af papir.
- Acceleret papirtransport (5). Kontakten skal være i neutral stilling ved registrering.
- Hovedafbryder (6). Under drift skal kontakten være indtrykket i "on" position.
- Kanalindikator (7) angiver nummeret på den kanal, der måles på. Ved VAR drift vil indikatoren skanne over alle kanaler.

Måleområdevælger.

Måleområdevælgeren er placeret i øverste højre hjørne på skrivers forside og har betegnelsen PM 9832/03. Til områdevælgeren hører en 12 x 6 matrix med kalibreringsskruer til kobling af kanaler og måleområde. Matrixvælgeren er placeret bag papirfremføringen.



Figur 5.11. Billed af skriver set forfra. Papirfremføringen er fjernet og måleområdevælgeren er taget ud og ses forest i billedet.

Måleområdevælgeren består af følgende dele, hvor numrene refererer til figur 5.11.

- Reguleringsknap for dæmpning af signal mærket "DAMPING" (1). Knappen stilles normalt på den mærkede værdi.
- Frakobling af signal til skriverenhed, mærket "STANDBY" (2). Ved drift stilles knappen i den position der tilkobler signal.
- Printkort til valg af måleområde (3). Skalabetegnelser, printnr, type af måling, måleområde og bemærkninger til de enkelte kort er som følger:

Skala	Printnummer	Måling og type	Måleområde	Bemærkning
A	PM 9842B/02	Pt 100	B	0 - 25°C
B	PM 9842B/03	Pt 100	B	0 - 50°C
C	PM 9845A/01	Cu-CuNi	A	0 - 100°C
D	PM 9840M/09	mV	M	0 - 250 mV
E	PM 9840M/21	mV	M	0 - 500 mV
F	PM 9840M/18	mV	M	0 - 1 V

- Matrixvælgeren (4) muliggør for hver af de 12 kanaler at vælge en af de 6 skalaer ved at indsætte en pind i krydsningspunktet. Pindene er normalt placeret som følger:

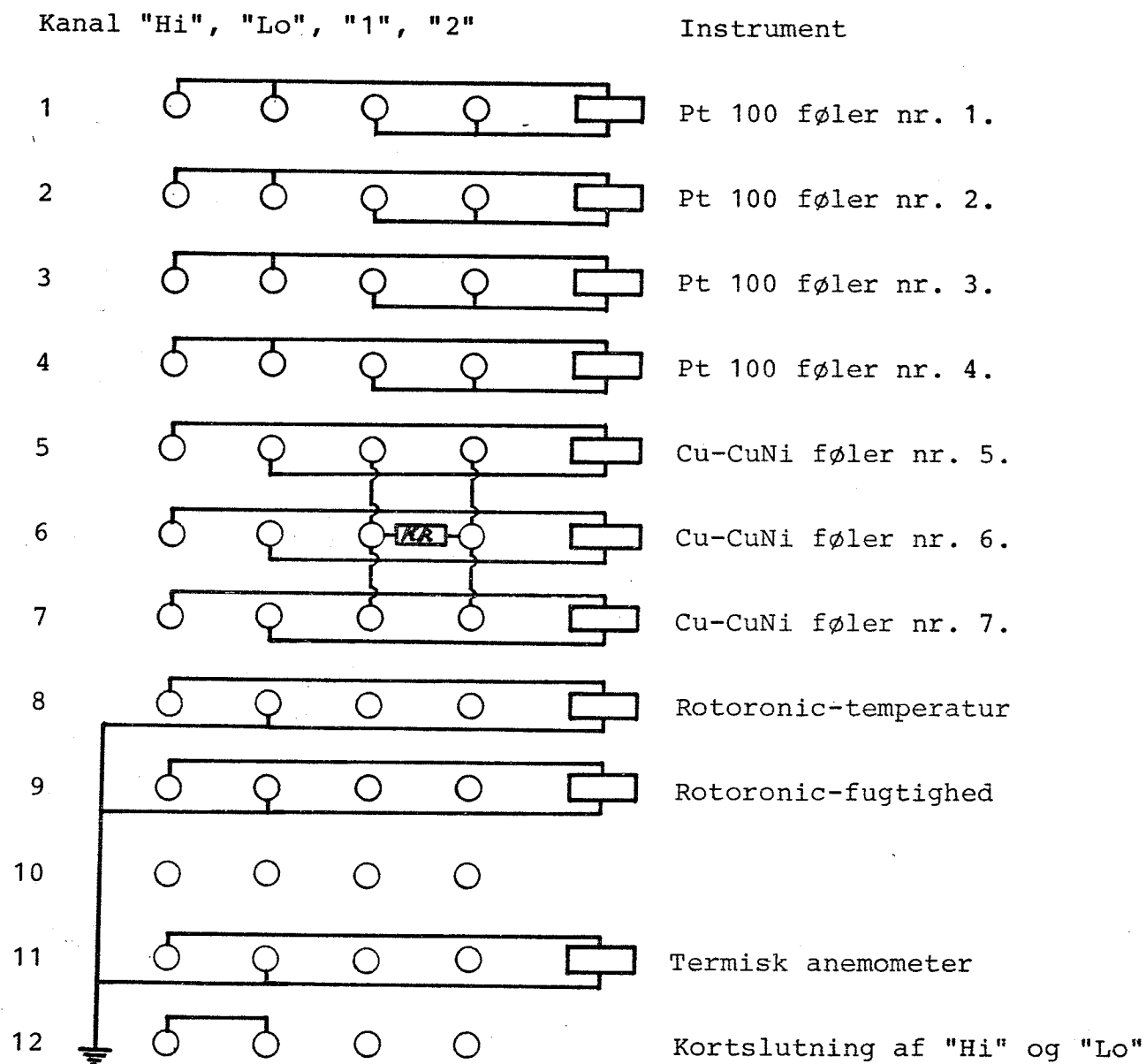
Kanal nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skala	A	A	A	A	C	C	C	D	F		D	E
	(B)	(B)	(B)	(B)				(E)				

- Nuljustering af de 6 skalaer (5).

Tilslutning.

Registreringsinstrumentet tilsluttes lysnettet. Lysnetkontakten, som er mærket "PHILIPS", er placeret på væggen under ventilationskanalen.

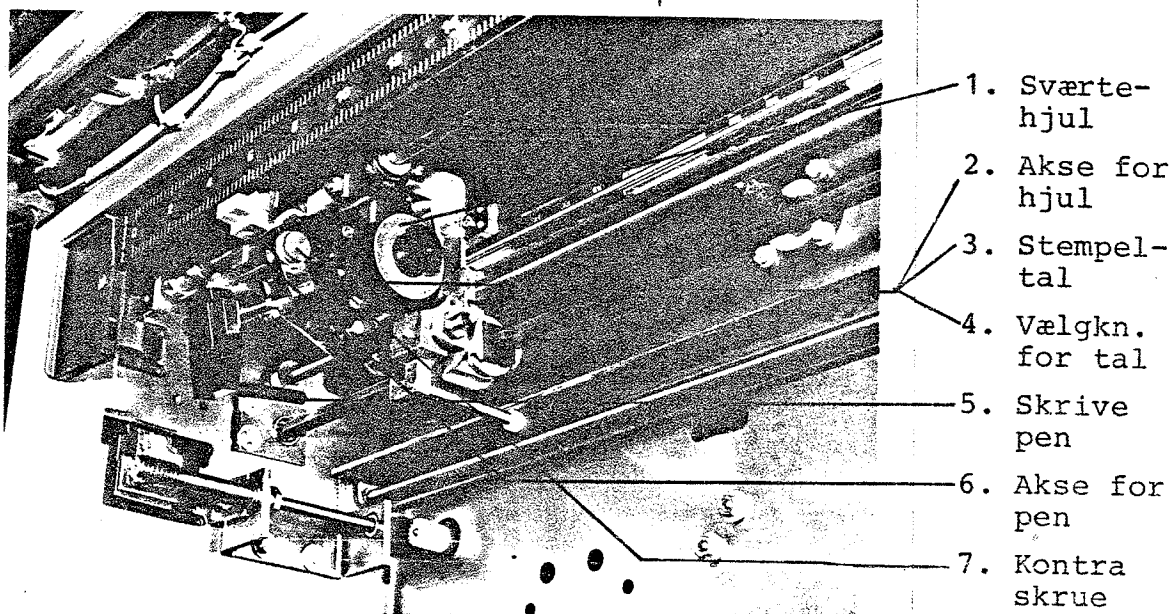
De enkelte måleinstrumenter tilsluttes bag på skriveren som følger:



KR er en kompensationsmodstand til erstatning af et fysisk (reference) 0-punkt. Modstanden betegnes med "300Ω".

Skriverenhed.

Skriverenheden er placeret på en slæde, der bevæger sig over hele måleområdet. Måleområdet har en bredde på 250 mm.

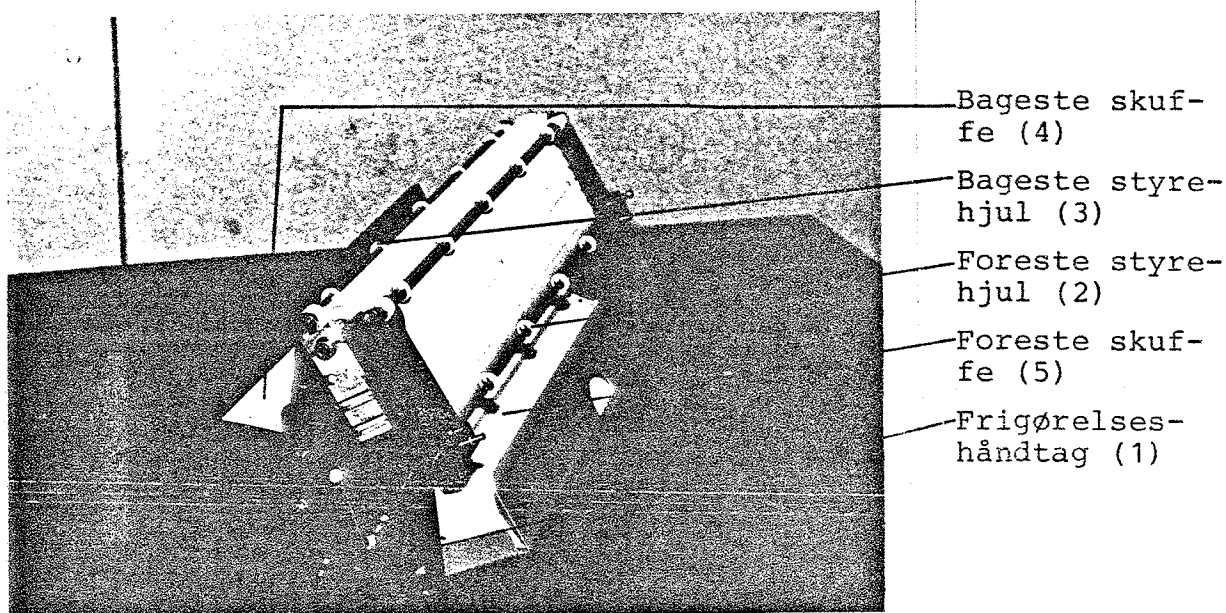


Figur 5.12. Billede af sværte-hjul og skrivepen.

Skriveenheden består af et sværte-hjul til punktskrift med tilhørende skrivehjul, samt en skrivepen til kontinuert skrift. Numrene refererer til numrene på figur 5.12. Sværte-hjulet (1) monteres ved at lade det glide ind over akse til hjulet (2). Det drejes nu således, at udfræsningen på hjulet passer ind i dornen på akse. Det sikres, at hjulet er trykket helt i bund. Hjulet kan udskiftes ved et let træk langs akse. Hjulet har seks stempelpuder med farverne rød, violet, brun, blå, grøn og sort. Bag ved sværte-hjulet sidder de 12 stempeltal (3). Tallene trykkes ved hvert 13. punkt, når vælgerknappen (4) er i yderstilling, som også er normal stilling. Når skrivepennen (5) monteres på akse (6), skal skrue (7) spændes så meget, at pennen kan svinge frit, uden at der er slør i ophængningen.

Papirfremføring.

Papiret skal være monteret i fremføreren som angivet på billedet figur 5.13.



Figur 5.13. Papirfremfører med papir monteret.

Papiret monteres som følger, tallene refererer til figur 5.13:

- papirfremfører frigøres ved at løfte på håndtaget (1) i venstre side af fremføreren.
- fremføreren vippe omkring 30° og tages ud af skriveren.
- styrehjulene (2) og (3) trækkes ud.
- papiret placeres i den bagerste skuffe (4), således, at de aflange huller vender mod højre.
- papiret trækkes over de to tandhjul og ned i forreste skuffe (5).
- styrehjulene trykkes tilbage, og det sikres, at papiret sidder korrekt.
- papiret køres frem, så det ligger korrekt i forreste skuffe og papirfremføreren monteres igen i skriveren.

Kalibrering.

Måleområder.

Ved hver start af en ny måleserie og ved ændring af forsøgsrummets temperatur kalibreres de 6 måleområder på registreringsenheden. Papirfremføreren fjernes og i matrixvælgeren placeres pindene i følgende punkter:

A - 1, B - 2, C - 5, D - 11, E - 8 og F - 9

Hver enkelt af de seks måleområder kalibreres nu ved justering på de tilhørende reguleringsskruer. Der kalibreres i forhold til skalaen over skriverenheden og ikke på papiret. Kalibreringen foregår som følger:

Skala A:

I indgangen for kanal 1 monteres i stedet for de normale ledninger en modstand på 100,00 Ω med to røde og to sorte udgange. De røde udgange kobles i "Hi" og "Lo" og de to sorte i "1" og "2". VAR/ ∞ -knappen stilles på ∞ på kanal 1. Der nuljusteres nu på reguleringsskrue A.

Skala B:

I indgangen for kanal 2 monteres i stedet for de normale ledninger en modstand på 100,00 Ω med to røde og to sorte udgange. De røde udgange kobles i "Hi" og "Lo" og de to sorte i "1" og "2". VAR/ ∞ -knappen stilles på ∞ på kanal 2. Der nuljusteres nu på reguleringsskrue B.

Skala C:

I indgangen for kanal 5 monteres i stedet for de normale ledninger en kortslutning mellem "Hi" og "Lo". I "1" og "2" indsættes en mangani modstand på 276 Ω , mærket "300 Ω ". VAR/ ∞ -knappen stilles på ∞ på kanal 5. Der nuljusteres nu på reguleringsskrue C. Den kan også nuljusteres i forhold til termoelementerne, som angivet på side 32.

Skala D:

I indgangen for kanal 11 monteres i stedet for de normale ledninger en kortslutning mellem "Hi" og "Lo". VAR/ ∞ -knappen stilles på ∞ på kanal 11. Der nuljusteres nu på reguleringskrue D.

Skala E:

I indgangen for kanal 8 monteres i stedet for de normale ledninger en kortslutning mellem "Hi" og "Lo". VAR/ ∞ -knappen stilles på ∞ på kanal 8. Der nuljusteres nu på reguleringskrue E.

Skala F:

I indgangen for kanal 9 monteres i stedet for de normale ledninger en kortslutning mellem "Hi" og "Lo". VAR/ ∞ -knappen stilles på ∞ på kanal 9. Der nuljusteres nu på reguleringskrue F.

Efter at de seks kanaler er kalibreret monteres ledninger igen, pindene i matrixvælgeren placeret til ny måling og papirføringen placeres igen.

Skriverpapir.

Ved hver ny måleserie, ved temperaturskift i forsøgsrum og ved papirskift kalibreres skrivepapir. Da "Hi" og "Lo" på kanal 12 er kortsluttet vil den til stadighed udskrive nul-linien på papiret.

Højresiden mærkes ved, at der i indgangen for kanal 1, der er koblet til måleområde A, monteres en modstand på 109,73(5) Ω (svarende til 25,0°C). VAR/ ∞ -knappen stilles på VAR og nogle punkter udskrives. Afstanden mellem 0-linien og højre side mærkes og sammenlignes med skalaen over skriverenheden. Hvis de er ens, da er papiret kalibreret. Modstanden fjernes og ledningerne monteres igen i indgangen for kanal 1.

Nøjagtighed:

Firmaet opgiver at instrumentet registrerer med en nøjagtighed på:

Kanal A: $\leq \pm 0,1^{\circ}\text{C}$

Kanal B: $\leq \pm 0,15^{\circ}\text{C}$

Kanal C: $\leq \pm 1,3^{\circ}\text{C}$

Kanal D: $\leq \pm 0,6 \text{ mV}$

Kanal E: $\leq \pm 1,3 \text{ mV}$

Kanal F: $\leq \pm 2,5 \text{ mV}$

Deri er dog ikke incl. skriverpapirets nøjagtighed.

Vedligeholdelse.

Der må ikke bruges alkohol eller anden væske til rengøring. Rengøringen foretages hvert halve år.

Målepotentiometre.

Potentiometersporet bag ved skriveslæden rengøres med en tør ren børste og gives et evt. tyndt lag kontaktolie.

Skriveren.

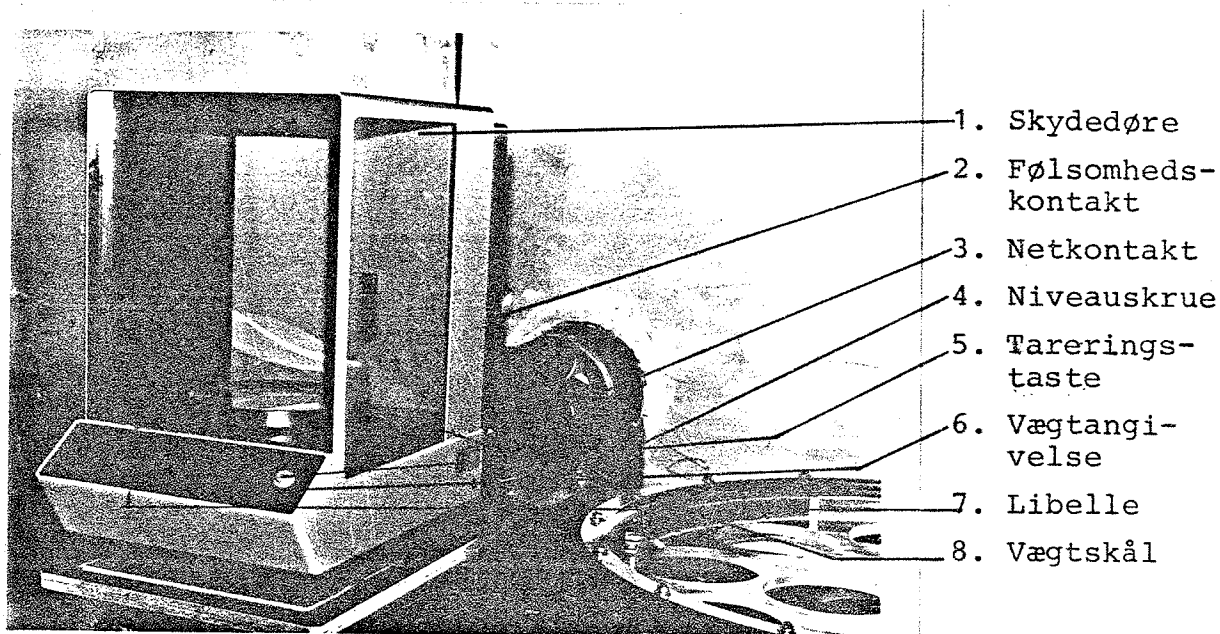
Det numeriske skriverhjul rengøres med en tør børste. Er tallene slidte kan hjulet udskiftes ved at løsne de to skruer, der fastholder hjulet.

5.5. Vejning.

Beskrivelse.

Vægten er en elektronisk analysevægt af mærket SARTORIUS type 1608 MP 6. Vægten har et lukket vejerum og er forsynet med en overvejeskål. Vægten har digital visning med en største aflæsning på 500,000 g og en mindste aflæsning på 0,001 g. Til vægten hører et prøvelod på 500,000 g.

Vægten tilsluttes lysnettet ved kontakten på væggen bag måleinstrumentet. Vægten har en opvarmningstid på mindst 30 min., men under forsøg skal den altid stå tændt på grund af kondensfare.



Figur 5.14. Billede af SARTORIUS vægt.

Anvendelse.

En massebestemmelse på vægt foregår på følgende måde:

- Skydedørene lukkes og vægten kommer i stilstand - g lyser -.
- Der nulstilles på den røde tareringstaste (fig. 5.14 nr. 5)
- Skydedøren åbnes, emnet lægges på vægtskålen og skydedøren lukkes igen.
- Vægten aflæses når g lyser.

Hvis vejeområdet overskrides, viser vægtangivelsen et "H".

Kalibrering.

Niveau indstilling.

Vægten stilles i niveau ved hjælp af niveauskruerne (fig. 5.14 nr. 4) i henhold til libellen (fig. 5.14 nr. 7) inden hver vejning.

Kontrol.

Inden hver vejeserie kontrolleres vægtens følsomhed, og den foretages på følgende måde:

- Lodder og andet fjernes fra vægtskålen og skydedørene lukkes
- Ved tilstand - g lyser - nulstilles på den røde tarerings-taste
- Skydedøren lukkes op og vægtskålen belastes med prøvelod-det på 500,000 g
- Ved tilstand - g lyser - skal vægtangivelsen vise 500,000 g.

Er afvigelsen større end 0,001 g, da foretages en følsomheds-korrektion som beskrevet.

Følsomhedskorrektion.

Vægten bestemmer automatisk korrektionsfaktoren for følsomhe-den. Faktoren oplagres og bruges automatisk ved hver vejeprø-ve. Korrektionsprogrammet fremkaldes ved tryk på en tast.

Korrektionsfaktoren bestemmes som følger:

- Tøm vægtskål og luk skydedøre.
- Ved tilstand - g lyser - tryk på taratast. Angivelsen 0,000 g skal vises i vægtangivelsen. Tilladt tolerance $\pm 0,001$ g.
- Luk skydedøren op, anbring prøveloddet på 500,000 g på vægt-skålen og luk skydedøren.
- Ved tilstand - g lyser - sæt følsomhedskontakten (fig. 5.14 nr. 2) på "CAL".
Ved bestemmelse af korrektionsfaktoren er vægtangivelsen blank. Plus-tegn, komma og stabilitetsindikator g blinker. Et aku-stisk signal angiver, at korrektionsfaktoren er bestemt.
- Skift kontakten, der bruges til at fremkalde korrektionspro-grammet.

Hvis der angives en vægt, der varierer mere end $\pm 0,001$ g fra 500,000 g ved belastning med prøveloddet, og hvis der angives en vægt, der varierer mere end $\pm 0,001$ g fra 0 g ved fjernelse af prøveloddet, da skal følsomhedskorrektionen gentages.

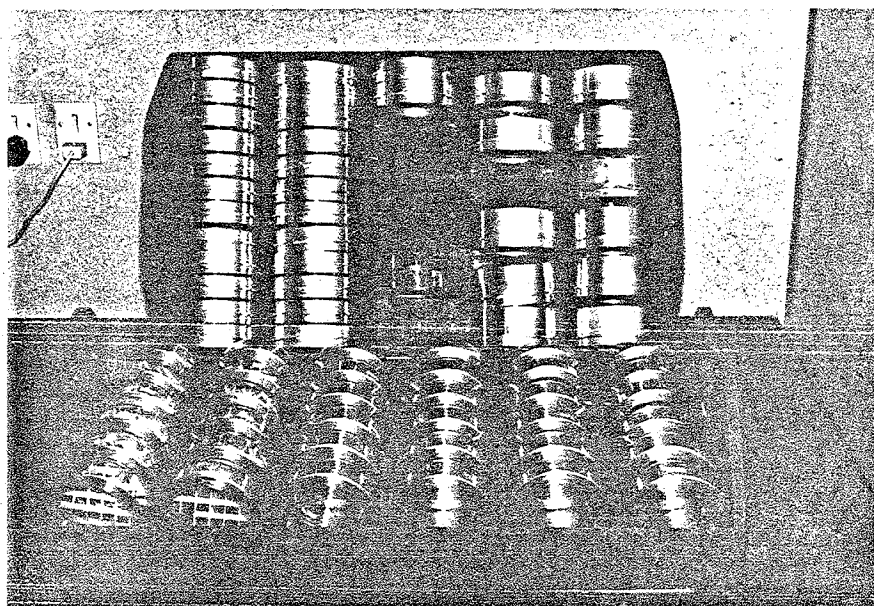
Vedligeholdelse.

Vejehus og vægtskål skal til stadighed være omhyggelig rengjorte.

6. MÅLEKOPPER.

Målekopperne består af følgende hoveddele:

- En kopskål af pyrexglas
- Et prøvestyr af aluminium
- Et sæt gummi pakningsringe
- Et sorptionsmiddel, her $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.



Figur 6.1. Billede af målekopper i lagerskuffe.

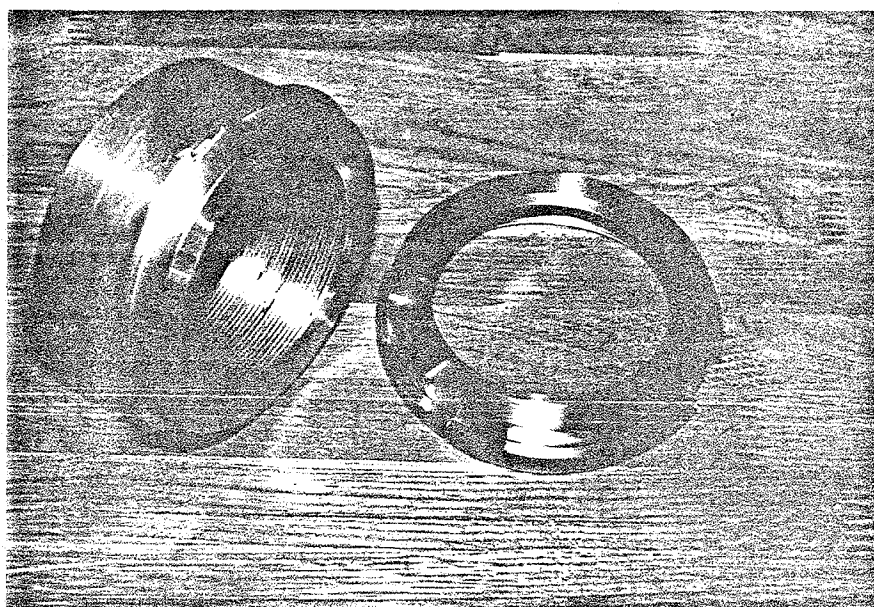
Til udstyret hører ialt 38 ens kopskåle, 28 stk. 25 mm-styr, 10 stk. 40 mm-styr og gummipakninger i stort tal, samt diverse hjælpeværktøj.

Kopskåle.

Kopskålen består af en 50 mm høj pyrexskål med en diameter på 90 mm. Pyrexskålens overkant er planslebet og limet til en stålring med en siliconelim. Stålringen, der bruges som anlægsflade for prøven, er 3 mm tyk, med en indvendig diameter på 79,8 mm og en udvendig diameter på 104 mm. Ringen er på un-

dersiden forsynet med udfræsning til fiksering af pyrex-skålen. Udvendig er den forsynet med et gevind med 1,8 mm stigning. Kopskålen vejer ca. 157 g.

Prøvestyr.



Figur 6.3. Billede af prøvestyr til 0 - 20 mm prøver og prøvestyr til 0 - 35 mm prøver.

Der findes to størrelser prøvestyr. Den ene er til 0 - 20 mm prøver og den anden er til 0 - 35 mm prøver.

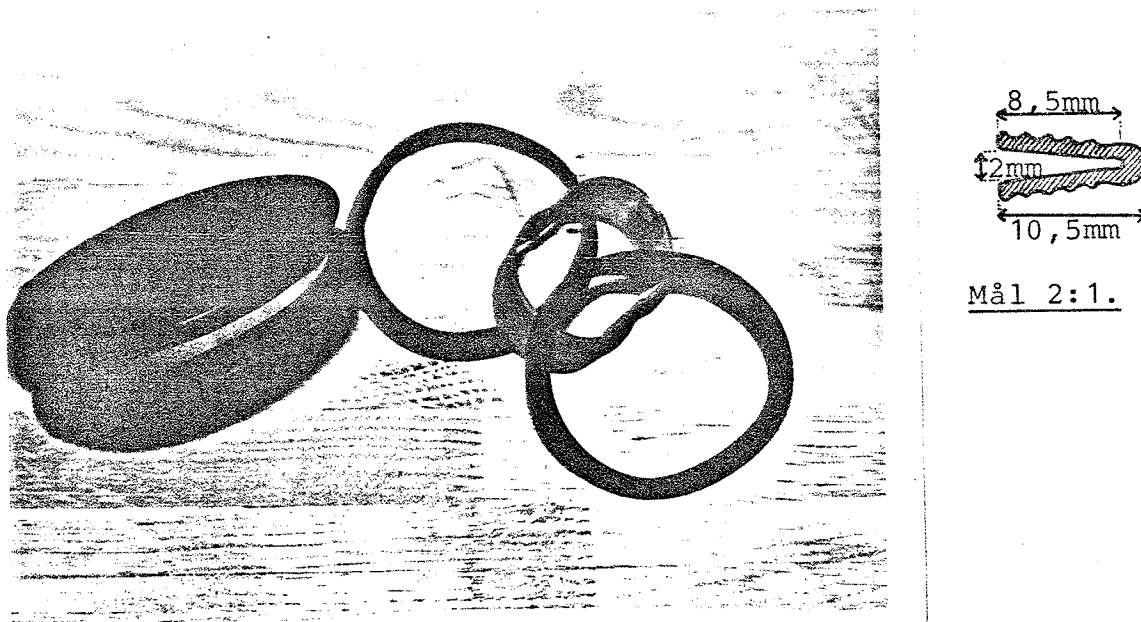
Prøvestyret er drejet i aluminium med en godstykkelse på omkring 2 mm. Øverst har den et modhold for prøven, tilsvarende som anlægsfladen på kopskålen. Den har en indvendig diameter på 79,8 mm og dermed et indvendigt lysningsareal på 5000 mm^2 . Som det ses på figur 6.3 er den indvendige kant kraftigt affræset. Det er foretaget for at formind-

ske lævirkningen fra prøvestyret indover prøven.

På prøvestyrets yderside er der en anlægsflade med 4 affasede udskæringer. Anlægsfladen holder koppers overflade på plads på eksponeringsskiven, således at koppers overside er plan med ventilationskanalens indvendige overflade.

Anlægsfladen og de 4 udskæringer muliggør en ophængning af målekopper i den underste eksponeringsskive i en bajonetlignende fastgørelsesmekanisme. Det lave prøvestyr har en vægt på ca. 72 g og den høje har en vægt på ca. 126 g.

Pakningsringe.



Figur 6.4. Billede af gummipakning påmonteret prøve og en løs pakning. Til højre ses et snit af gummipakningen.

Som det fremgår af figur 6.4 er der to slags gummipakninger, et profileret vinkelprofil og et rent cylindrisk profil. Vinkelprofilet er fremstillet i baner, udskåret i stykker med 10 - 15% undermål og endelimet med en hurtighærdende lim af mærket Loctite 495. Som det ses på figur 6.4 vil dette profil kunne bruges alene ved tynde prøver. Cylinderprofilet er udskåret i passende længder af en 100 mm paraslange fra firmaet H.C. Jacobsen & Co.

Ved montering af pakning på prøverne påsættes først cylinderprofilet. Den er afskåret i længder, således at den kan dække hele prøvekanten. Derefter monteres de to vinkelprofiler på kanten, så de går ind over cylinderprofilet. Udkragningerne på prøven er i størrelsen afpasset således, at det profilerede gummiprofil giver prøven en eksponeringsflade med en diameter på 79,8 mm. Pakningen kan også monteres på cylindriske prøver uden de to udkragninger.

Sorptionsmiddel.



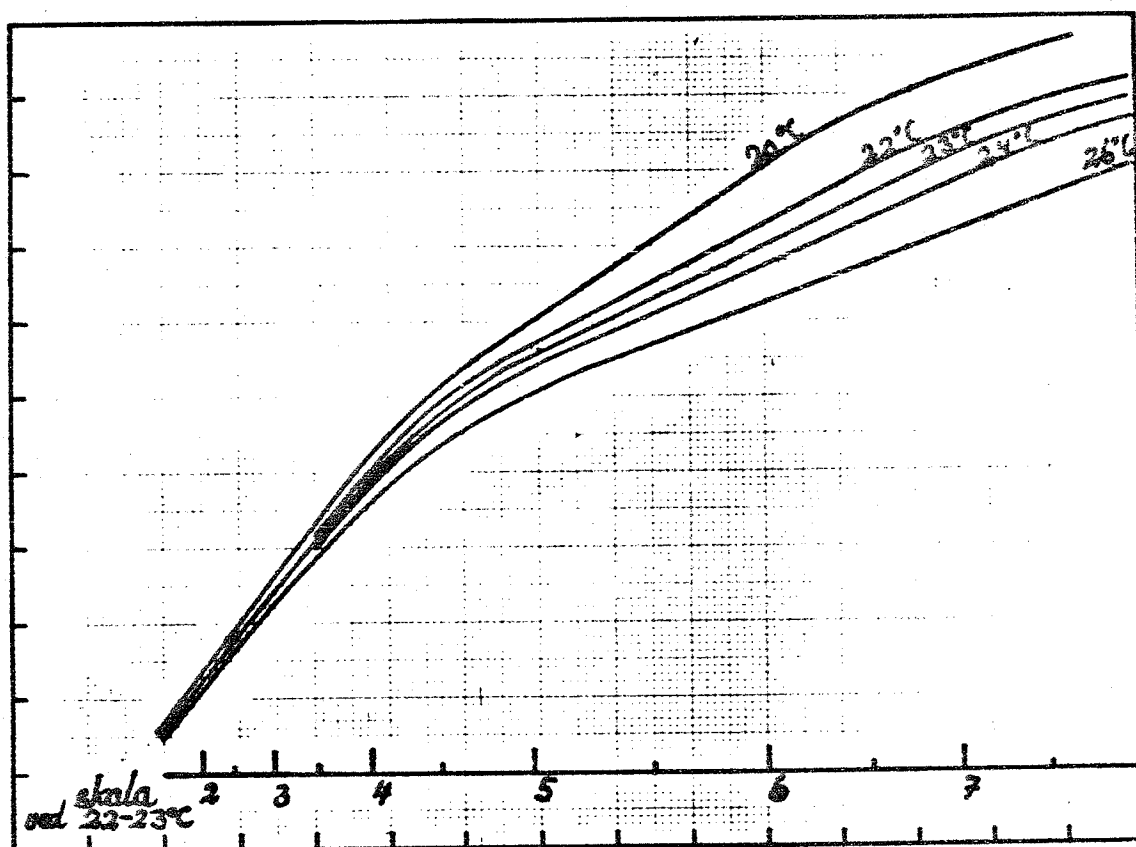
Figur 6.5. Billede af magnesiumperchlorathydrat.

$\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, der anvendes som sorptionsmiddel.

Magnesiumperchloraten har en vandkapacitet på 40 - 60% af tør-
vægten og er i ligevægt med en luftfugtighed på under 5 mg/m³.
 $\text{Mg}(\text{ClO}_4) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ udtørres i ovn ved 150°C under vakuum.

7. INDSTILLING.

Da de forskellige indstillinger indvirker på hinanden, er det
nødvendig af følge nævnte procedure for enkelt at få indstillet
KOP-udstyret til den ønskede lufttilstand i eksponeringsområdet.
Til dette brug skal de efterfølgende figurer anvendes.

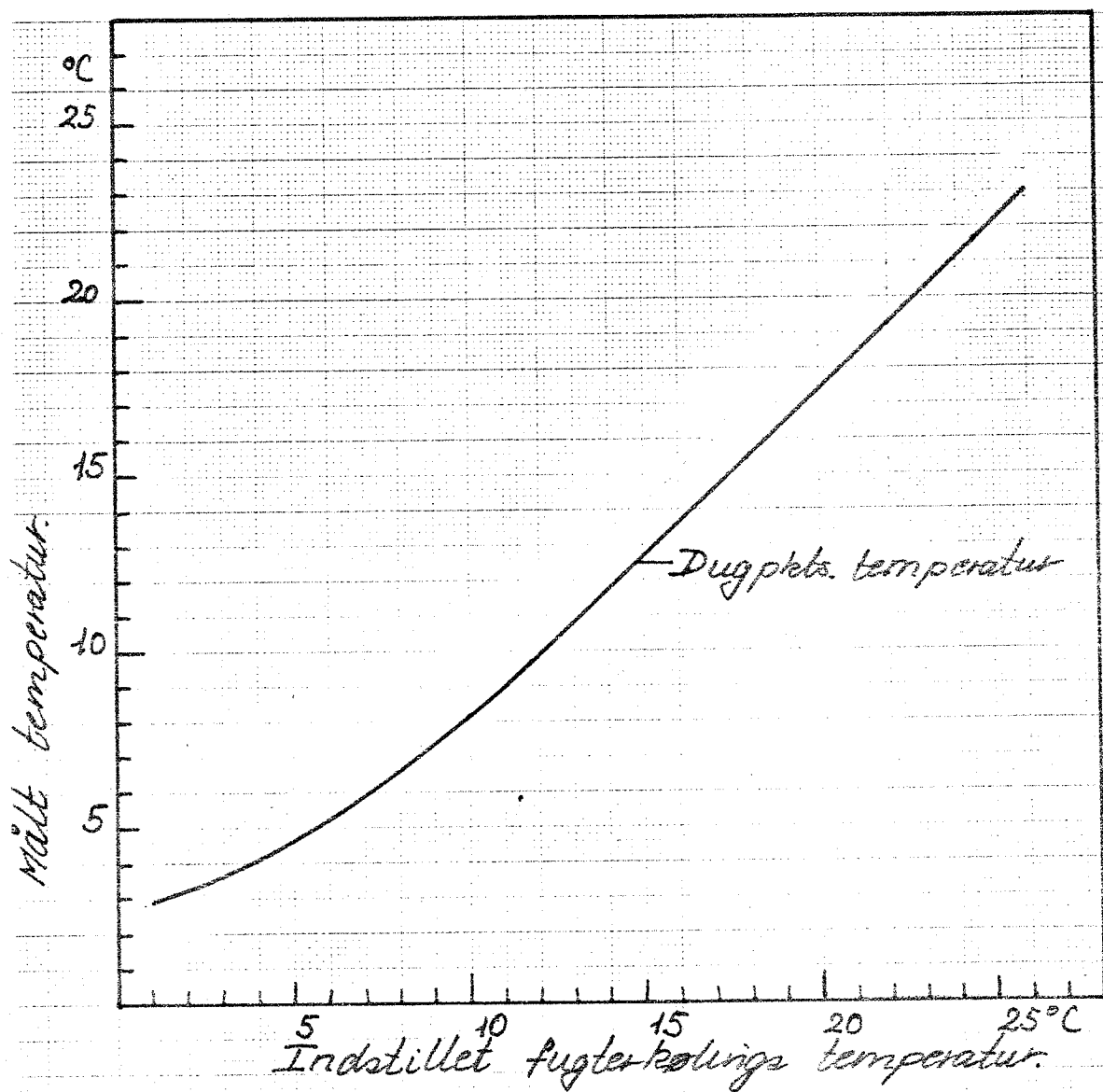


Figur 7.1. Sammenhæng mellem indstillet vindhastigheds-
skala og vindhastighed ved forskellige temperaturer.
(kopi af figur 5.9).

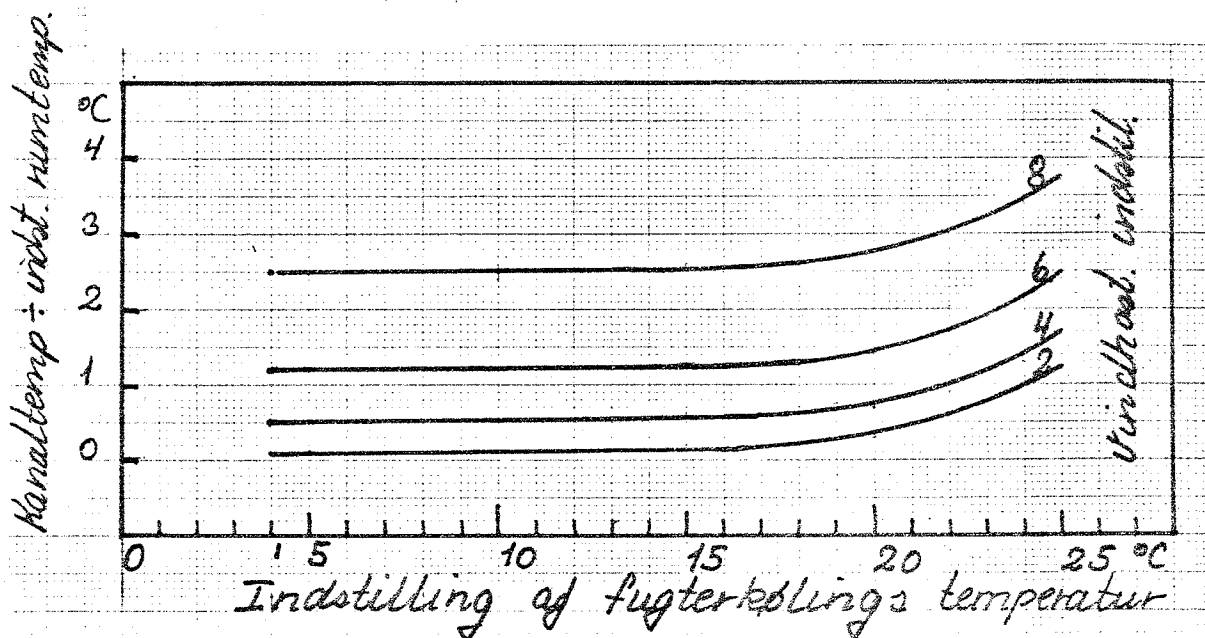
Luftens mætningsfugtindhold i g vand/m³ luft.

Temp. (°C)	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
-20	0,87									
-19	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89
-18	1,05	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	0,99	0,98	0,98	0,97
-17	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06
-16	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20	1,19	1,18	1,17
-15	1,38	1,37	1,36	1,34	1,33	1,32	1,31	1,30	1,29	1,28
-14	1,51	1,49	1,48	1,47	1,46	1,45	1,43	1,42	1,40	1,39
-13	1,65	1,63	1,62	1,61	1,59	1,58	1,56	1,54	1,53	1,52
-12	1,80	1,78	1,77	1,75	1,74	1,71	1,70	1,69	1,67	1,66
-11	1,96	1,94	1,93	1,90	1,89	1,87	1,86	1,84	1,83	1,81
-10	2,14	2,12	2,09	2,07	2,06	2,04	2,02	2,01	1,99	1,98
-9	2,31	2,30	2,28	2,26	2,24	2,22	2,21	2,19	2,17	2,15
-8	2,52	2,50	2,48	2,46	2,44	2,42	2,40	2,38	2,36	2,34
-7	2,74	2,72	2,70	2,68	2,66	2,63	2,61	2,59	2,57	2,54
-6	2,98	2,96	2,93	2,91	2,89	2,86	2,84	2,82	2,79	2,76
-5	3,24	3,21	3,19	3,16	3,14	3,10	3,08	3,05	3,03	3,00
-4	3,52	3,49	3,46	3,42	3,40	3,37	3,34	3,32	3,29	3,26
-3	3,81	3,78	3,75	3,72	3,69	3,66	3,63	3,60	3,57	3,54
-2	4,13	4,10	4,06	4,03	4,00	3,97	3,94	3,91	3,88	3,84
-1	4,48	4,44	4,41	4,36	4,33	4,29	4,26	4,23	4,19	4,16
0	4,84	4,80	4,76	4,73	4,69	4,66	4,62	4,58	4,55	4,51
1	5,19	5,22	5,26	5,29	5,33	5,37	5,40	5,44	5,48	5,52
2	5,55	5,59	5,63	5,67	5,71	5,75	5,78	5,82	5,86	5,90
3	5,94	5,98	6,02	6,07	6,11	6,15	6,19	6,23	6,27	6,32
4	6,36	6,40	6,45	6,48	6,52	6,57	6,61	6,66	6,70	6,75
5	6,79	6,84	6,88	6,93	6,98	7,02	7,07	7,12	7,16	7,20
6	7,25	7,30	7,35	7,40	7,45	7,50	7,55	7,60	7,64	7,69
7	7,74	7,78	7,85	7,90	7,95	8,00	8,06	8,10	8,16	8,21
8	8,26	8,32	8,37	8,43	8,48	8,53	8,59	8,65	8,70	8,76
9	8,81	8,87	8,93	8,99	9,04	9,09	9,15	9,21	9,28	9,34
10	9,40	9,45	9,51	9,57	9,64	9,69	9,75	9,82	9,88	9,95
11	10,00	10,07	10,14	10,20	10,26	10,33	10,39	10,46	10,52	10,59
12	10,66	10,72	10,79	10,86	10,93	10,99	11,06	11,13	11,19	11,27
13	11,34	11,40	11,48	11,55	11,62	11,69	11,77	11,84	11,91	11,99
14	12,06	12,13	12,20	12,28	12,36	12,43	12,51	12,59	12,66	12,75
15	12,82	12,90	12,97	13,06	13,14	13,21	13,30	13,37	13,46	13,54
16	13,62	13,70	13,79	13,87	13,96	14,04	14,13	14,21	14,30	14,38
17	14,47	14,55	14,64	14,73	14,82	14,91	14,99	15,09	15,17	15,27
18	15,36	15,44	15,54	15,63	15,73	15,82	15,91	16,01	16,10	16,19
19	16,30	16,39	16,48	16,59	16,68	16,78	16,88	16,98	17,08	17,18
20	17,28	17,38	17,48	17,58	17,69	17,79	17,90	18,00	18,10	18,22
21	18,32	18,42	18,52	18,63	18,74	18,86	18,97	19,08	19,19	19,30
22	19,41	19,52	19,63	19,74	19,85	19,97	20,08	20,20	20,32	20,44
23	20,56	20,69	20,80	20,92	21,04	21,15	21,27	21,39	21,51	21,63
24	21,76	21,89	22,00	22,13	22,26	22,38	22,51	22,64	22,77	22,90
25	23,03	23,15	23,28	23,41	23,54	23,66	23,80	23,94	24,08	24,21

Figur 7.2. Sammenhæng mellem luftens temperatur og mætningsfugtindholdet. (Fra Fukt Handbok af L.E. Nevander og B. Elmarsson).



Figur 7.3. Sammenhæng mellem indstillingen af fugtstyringsdugpunktet og den målte lufttemperatur over kølefladen ved forskellige kanaltemperaturer.



Figur 7.4. Sammenhæng mellem indstilling af fugterkøling og forskellen mellem kanaltemperaturen og den indstillede rumtemperatur ved forskellige vindhastigheder.

Ved ændring af indstillingen af temperaturen på fugtstyringens eftervarmeplade (Fugtereftervarme) med 5°C vil den ændre temperaturen i kanalen med 1°C . F.eks. hvis kanaltemperaturen står på $23,2^{\circ}\text{C}$ og den ønskes på $23,4^{\circ}\text{C}$, da hæves temperaturen på fugtstyringens eftervarmeplade med 1°C .

Procedure for indstilling af KOP-udstyr:

1. Af figur 7.1 findes indstillingen for vindhastighedsskalaen for ønsket vindhastighed og kanaltemperatur.
2. Af figur 7.2 findes dugpunktstemperaturen for ønsket kanaltemperatur og luftfugtighed.
3. Af figur 7.3 findes indstillingen på fugterkøling for ønsket dugpunkt og kanaltemperatur.
4. Af figur 7.4 findes forskellen mellem kanaltemperaturen og indstillingen af rumtemperaturen for given indstilling af fugterkøling og vindhastighedsskala.
5. Indstillingen af rumtemperaturen findes ved at lægge den ønskede kanaltemperatur til den fra pkt. 4 fundne forskel. Fugtereftervarme stilles på samme værdi som rumtemperaturen.
6. Rumkølingen stilles $\frac{1}{2}$ - 2°C lavere end indstillingen af rumtemperaturen. Den laveste værdi anvendes ved lav fugtighed.
7. KOP-udstyret indstilles på de fundne værdier og systemets ligevægt indstilles. Ligevægt er indtruffet omkring 5. gang den længste stigetid.
8. Efter ligevægt aflæses de opnåede tilstande og udstyret finreguleres primært ved ændring af indstillingen af fugtereftervarme i henhold til angivelsen på den foregående side.